Über die Systeme der Festigung und Ernährung in der Blüte.

Mit 16 Textfiguren und 1 Tafel.

Inaugural-Dissertation,

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Freiburg in der Schweiz

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Jakob Herzog

aus Reckenwil (Thurgau).

Über die Systeme der Festigung und Ernährung in der Blüte.

Mit 16 Textfiguren und 1 Tafel.

Inaugural-Dissertation,

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Freiburg in der Schweiz

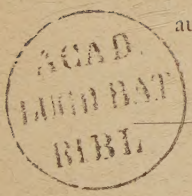
zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Jakob Herzog

aus Reckenwil (Thurgau).



Freiburg (Schweiz).

Buchdruckerei Gebrüder Fragnière.

1902.

Sonderabdruck aus den Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Freiburg (Schweiz).

EINLEITUNG.

Die wissenschaftliche Erforschung der Blüten kann sich unter Anderem auf zwei wesentlich verschiedenen Bahnen bewegen. Vorab ist die Möglichkeit geboten die Blüte in Bezug auf ihre rein reproduktive Funktion und die damit korrespondierenden Bauverhältnisse zu untersuchen. Anderseits aber unterliegt jedes reproduktive Organ bis zu einem gewissen Punkte wieder den nämlichen Gesetzen, welche die rein vegetativen Glieder des Pflanzenkörpers beherrschen, und es ist somit eine Blüte auch nach der vegetativen Seite hin einer genaueren Betrachtung zugänglich.

Von diesen zwei Betrachtungsweisen liegt nun die letztere der vorliegenden Arbeit zu Grunde. Es soll eine Klarlegung von Wechselbeziehungen angestrebt werden, welche bestehen zwischen mechanischen und ernährungsphysiologischen Anforderungen an die verschiedenen Blütenteile und ihren Baueigentümlichkeiten.

Dass auch die Konstruktion der Blüten unter der Herrschaft mechanischer Prinzipien steht, kann nach den grundlegenden Veröffentlichungen von Schwendener kaum mehr in Zweifel gezogen werden. Eine Frage ist es nur noch, in welcher Gestalt diese Baugesetze in der Struktur der Blüten ihre Realisierung finden, und einige Beiträge zu dieser Frage zu liefern ist ein erstes Ziel dieser Arbeit.

Meine Darlegungen ernährungsphysiologischer Natur schliessen sich an Beobachtungen von Haberlandt an, auf die er in seiner « *Physiologischen Pflanzenanatomie* » (Seite 289) zu sprechen kommt. Genannter Forscher weist nämlich

daselbst auf die Thatsache hin, dass gewisse leitende Gewebe in Blütenstielen und Infloreszenzachsen oft relativ grössere Dimensionen erreichen, als in vegetativen Stengeln oder Zweigen. Er schreibt: « Wenn man das Leptom eines vegetativen Stengels oder Zweiges mit dem gleichnamigen Gewebe einer Infloreszenzachse oder eines Blütenstieles derselben Pflanze vergleicht, so macht sich die gesteigerte Eiweisszufuhr zum Zwecke der Pollen- und Samenbildung sehr häufig durch eine entsprechende Verbreiterung der Leitungsbahnen, d. i. der Leptom-Bündel geltend. » Diese Erscheinung wurde von Otto Klein (Dissertation, Berlin 1886) noch eingehender studiert und bestätigt.

Meine Untersuchungen erstrecken sich nun nicht auf Vergleichungen von Achsen oder Stielen verschiedenartiger Organe, vielmehr dringe ich in die Blüte selbst ein und suche zu erfahren, wie sich die leitenden Gewebe in den einzelnen Blütenblattkreisen verhalten hinsichtlich ihrer relativen Ausbildung. Im Anschluss an die Besprechung der leitenden Systeme werden dann noch einzelne andere Verhältnisse ernährungsphysiologischer Natur berührt werden.

Eine Arbeit, welche wie die vorliegende, auch die Blütenanatomie zum Gegenstande hat und hier noch Erwähnung finden muss, ist die Preisschrift von Luise Müller betitelt: « *Grundzüge einer vergleichenden Anatomie des Blumenblätter* » (Halle, 1893. Nova acta....)

Der Leser meiner Arbeit wird leicht erkennen, dass sich dieselbe mit der zitierten keineswegs deckt. Während genannte Verfasserin ihre vergleichend anatomischen Studien auf einen einzigen Blütenblattkreis konzentriert hat, zog ich hauptsächlich die korrelativen Verhältnisse aller Blütenorgane zu einander in den Bereich der Untersuchung.

I. TEIL.

Mechanische Verhältnisse.

Wie jedes andere Glied des Pflanzenkörpers, hat auch die Blüte vielen auf sie einwirkenden äusseren Agentien, worunter besonders Wind, Regen und Insekten in Betracht kommen, Trotz zu bieten, soll sie nicht, ehe sie ihre Aufgabe erfüllt hat, von diesen zu Grunde gerichtet werden. Von den mechanischen Kräften, welche auf die Blüte einwirken, ist ohne Zweifel die biegende eine sehr häufig vorkommende. Ausser auf Biegung können gewisse Blütenteile auch auf Zug und Druck beansprucht, eventuell von scheerenden Kräften angegriffen werden.

Wenn wir unseren Blick auf eine Reihe typischer Blüten mit Kelch, Krone, Staubgefässen und Stempel werfen, so muss in uns ohne Weiteres der Gedanke Platz greifen, dass im Allgemeinen die Forderung einer mechanischen Ausstattung wohl am stärksten auftritt in den zwei äusseren Blütenblattkreisen. Bei der grössten Anzahl von Blüten finden die Staub- und Fruchtblätter durch die Blütenhülle einen gewissen Schutz und werden daher im Allgemeinen auch in dieser gewissermassen ihr eigenes mechanisches System haben. Im Kelche und in der Korolle werden die auf die Festigung hinzielenden Einrichtungen voraussichtlich die manigfaltigsten Variationen aufweisen.

Schon rein theoretische Erwägungen legen uns den Gedanken nahe, dass die mechanische Ausstattung des Kelches sich mehr oder weniger als abhängige Grösse von den Festigkeitsverhältnissen der Krone erweisen wird. Der Kelch ist

nach der verbreitetsten Ansicht der Fachkundigen das typische Schutzorgan der Blüte und dessen Hauptaufgabe ist es, die übrigen Blütenteile vor Deformationen etc. zu schützen. Die Krone aber hat nach dem, was man ebenso allgemein annimmt, insbesondere als Schauapparat zu funktionieren behufs Anlockung der Insekten; sie kann aber wohl, wie wir sehen werden, unter bestimmten Umständen auch zu mechanischen Leistungen herangezogen werden. Je mehr jedoch in den Bauprinzipien der Krone, die sich immerhin vorwiegend nach ihrer Hauptaufgabe zu gestalten haben, das mechanische Moment noch zur Geltung kommt, desto mehr kann die Korolle sich selbst und die in ihr befindlichen Organe schützen, desto geringer ist die Beanspruchung, welche sie und auch die zwei innern Blütenblattkreise an den Kelch stellen. Es führt uns somit die blosse physiologische Überlegung a priori zur begründeten Schlussfolgerung, einerseits dass Andröceum und Gynäceum im Allgemeinen durch die Blütenhülle ihren mechanischen Schutz erhalten und anderseits, dass die Festigkeitseinrichtungen von Kelch und Krone Beziehungen zu einander aufweisen.

Um nun diese theoretischen Folgerungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen, suchen wir uns im Folgenden etwas zu vertiefen in die anatomischen Bauverhältnisse einzelner Blütenkategorien, bei welchen die mechanischen Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Teilen der Blüte relativ am leichtesten zu übersehen sind.

Zunächst wenden wir uns einer Gruppe von Blüten zu, welche sich durch das allgemeine Merkmal auszeichnen, dass sie radiär gebaut sind und Korollen besitzen, die sich aus freien, benagelten Blättern zusammensetzen.

1. Aktinomorphe Blüten mit benagelten Kronblättern.

Überall, wo es sich um Vergleichungen der Festigkeitsverhältnisse von benagelten Kronblättern handelt, werden hauptsächlich die Länge, die basale Querschnittsgrösse und Querschnittsform der Nägel, sowie die Flächenausdehnung der angreifbaren Platte in Rechnung zu ziehen sein. Es ist einleuchtend, dass ein Kronblatt mit langem Nagel mechanisch ungünstiger situiert ist, als ein im Übrigen gleich gebautes Blatt mit kurzem Nagel, denn langbenagelte Blätter werden von den sie angreifenden Kräften mit längerem Hebelarme angegriffen, als kurzbenagelte. Es ist ferner ohne Weiteres klar, dass ein Blatt mit dickem Nagel in besserer mechanischer Lage ist, als ein sonst gleichartiges Blatt mit dünnem Nagel. Ebenso leicht verständlich ist es, dass ein Kronblatt, welches den angreifenden Kräften in seiner Platte eine grössere Angriffsfläche darbietet, eines ausgiebigeren mechanischen Schutzes bedarf, als ein Blatt mit kleiner Angriffsfläche. Sowohl die Länge und Dicke der Nägel, als auch die Grösse der Platten vermag also die mechanische Situation eines benagelten Blumenblattes umzugestalten. Es ist aber auch denkbar, dass zwei Kronblätter von denselben Dimensionen bezüglich der Nägel und Platten noch eine verschiedene Festigkeit besitzen. Das wäre der Fall, wenn ein Nagel mit mechanischen Zellen ausgestattet wäre, der andere aber nicht oder wenn der eine mehr und der andere weniger solche Elemente besässe.

So verschiedenartige Festigkeitsgrade nun die benagelten Kronblätter aufweisen, so manigfaltig wird die Beanspruchung sein, die an den Kelch herantritt, so variabel der Bau des Kelches selbst. Das ist eine logische Konsequenz unserer Auffassung, dass die mechanische Ausbildung des Kelches bis zu einem bestimmten Grade abhängig sei von den Festigkeitsverhältnissen der Krone.

Die höchsten Anforderungen an den Kelch stellen nach dem Gesagten jene Kronformen, welche aus freien Blättern mit langen, an der Basis dünnen Nägeln und relativ grossen Platten bestehen, selbst aber keine spezifisch mechanische Ausstattung besitzen. Es wird uns daher keineswegs überraschend erscheinen, wenn wir derartige Korollen regelmässig mit jener Kelchform kombiniert finden, welche den höchsten Anforderungen entspricht, nämlich mit der röhrenförmigen. Als Typus für die Gruppe von Blüten mit sehr schwachen Blumenblättern betrachten wir die Blüte von *Dianthus Caryophyllus* etwas eingehender. Die Krone dieser Blüte besteht bekanntermassen aus fünf benagelten Blumenblättern. Die durchschnittliche Länge der Nägel bei den von mir untersuchten Blättern betrug 2 $^1/_2$ cm. Die aus dem Kelche herausragenden Platten waren 1 $^1/_2$ cm. lang und an der breitesten Stelle etwa 1 cm. breit. Die Nägel sind in der Radialrichtung der Blüte von unten bis oben stark abgeplattet (Fig. 1) und daher besonders in dieser Richtung schwach. Wie die anatomische Untersuchung zeigt, fehlen ihnen auch, abgesehen von der oft schwach kollenchymatischen Epidermis an der Basis, die mechanischen Zellen. Aus all' dem folgt, dass die Kronblätter mechanisch stark auf den Kelch angewiesen sind. Dasselbe muss gesagt werden von den Staub- und Fruchtblättern, denn auch diese entbehren einer ausgiebigen mechanischen Ausstattung. Nur das Gynäceum besitzt ganz basal eine mit ziemlich dicken Tangentialwänden versehene Epidermis und nebstdem ein etwas dickwandiges Grundgewebe. Wenn nun die *Dianthus*-Blüte vom Winde, von Regentropfen oder Insekten angegriffen wird, so ist es hauptsächlich der Kelch, welcher dieselbe gegen Zerfetzung zu schützen hat. Um aber den übrigen Blütenteilen einen ausgiebigen Schutz bieten zu können, muss der Kelch natürlich selbst mechanisch gut ausgestattet sein.

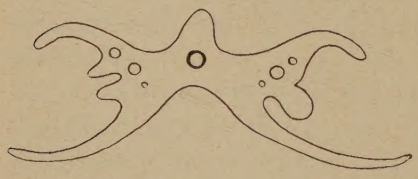


Fig. 1. Querschnitt durch die Basis des Kronnagels der Blüte von *Dianthus Caryophyllus*.

Derselbe tritt denn auch in der Form einer Röhre auf. Die röhrenförmige Gestalt genügt aber dem Kelche sichtlich noch nicht zu seiner grossen Aufgabe, denn es giebt Fälle, wo Kelche schwächer beansprucht werden, als der *Dianthus*-Kelch, und trotzdem schon röhrenförmig sind, z. B. der Kelch von *Pulmonaria officinalis*. Faktisch ist denn der Kelch der *Dianthus*-Blüte noch durch ein System von typisch mechanischen Zellen zu seiner Funktion besonders qualifiziert. Dieses System besteht in der basalen Kelchpartie aus einer peripherischen aus 5–7 Zellschichten sich zusammensetzenden *Röhre von sehr dickwandigen Stereiden*. (Fig. 2). Etwas unterhalb der Mitte des Kelches löst sich diese Röhre in einzelne Stränge auf, welche die Gefässbündel auf ihrer Aussenseite begleiten und mit diesen in der oberen Region des Kelches tiefer ins Grundgewebe hineinrücken. Der Übergang der mechanischen Röhre in isolierte Bündel bedeutet offenbar eine Schwächung der mechanischen Funktion nach oben und entspricht vollständig der physiologischen Forderung grösserer Festigkeit an der Basis.

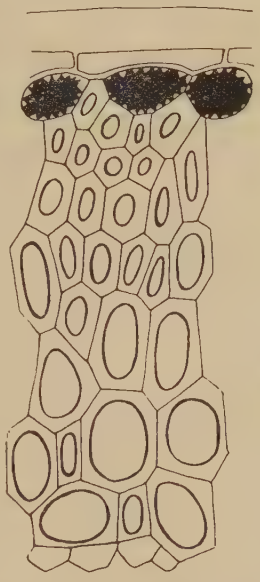


Fig. 2. Teil eines Querschnitts durch die Baströhre im Kelch von *Dianthus Caryophyllus*. (Die subepidermale Schicht enthält Kristalldrusen.)

Es erhebt sich nun die Frage: Werden sich auch bei anderen Blüten, welche ungefähr in derselben biologischen Lage sind, wie die *Dianthus*-Blüte, analoge mechanische Verhältnisse verzeichnen lassen? Gestützt auf die Anschauung, dass die anatomischen Bauverhältnisse eines Organs durch die an dasselbe herantretenden Anforderungen bedingt sind, müssen wir das erwarten. Eine Blüte, deren Krone ähnliche mechanische Ansprüche an den Kelch stellt, wie die *Dianthus*-Korolle, ist die Blüte von *Saponaria officinalis*. Die Krone derselben setzt sich auch aus fünf benagelten Blumenblättern zusammen. Das

einzelne Kronblatt der *Saponaria*-Korolle unterscheidet sich mechanisch hauptsächlich dadurch von dem der *Dianthus*-Blüte, dass es blos eine etwa halb so breite Platte und einen in der Radialrichtung der Blüte dickeren Nagel besitzt. Daraus geht hervor, dass offenbar die *Saponaria*-Krone nicht mehr so hohe Ansprüche an den Kelch stellt, wie die Korolle von *Dianthus Caryophyllus*. Damit in Übereinstimmung ist auch der Kelch der *Saponaria*-Blüte schwächer, als der von *Dianthus*. Zwar ist er auch röhrenförmig und besitzt ungefähr dieselbe Höhe und denselben Durchmesser, wie der *Dianthus*-Kelch, hat aber an der Basis eine dünnere Röhrenwandung, als dieser. Der Hauptunterschied zwischen den zwei Kelchen aber liegt in ihrem mechanischen Gewebe. Während dasselbe, wie wir sahen, an der Basis des *Dianthus*-Kelches eine vollständige Röhre bildet, tritt es im Kelche der *Saponaria*-Blüte in Form von *isolierten Baststrängen* auf, welche sich an die Mestom-Bündel anschliessen. (Fig. 3). Es ist sichtlich im Kelche der *Saponaria*-Blüte gegenüber dem von *Dianthus Caryophyllus* eine beträchtliche Schwächung des mechanischen Systems zu konstatieren ; die teleologische Erklärung aber für diesen Festigkeitsunterschied suchen wir wohl am naturgemässesten in der Reduktion der Inanspruchnahme durch die Kronblätter.

Fig. 3. Querschnitt durch einen grösseren Baststrang aus der basalen Partie der Kelchröhre von *Saponaria officinalis*. m=Mestom.

Denkt man sich die Beanspruchung an den Kelch noch mehr reduziert, so muss man in demselben folgerichtig auch eine noch weitergehende Verminderung des mechanischen Systems erwarten. Dieser Gedanke einer noch intensiveren Reduktion der Inanspruchnahme des Kelches ist in der Natur realisiert in einer Reihe von Blüten, unter welchen beispielsweise die von *Silene nutans* einer etwas spezielleren Besprechung unterzogen werden soll. Die Kronnägel der Blüte von *Silene nutans* sind bedeutend kürzer, als die der *Saponaria*-Korolle, anderseits aber auch dünner in der Radialrichtung.

Es lässt sich daher aus dem Bau der Nägel nicht mit Sicherheit auf eine verschiedene mechanische Situation der beiden Kronformen schliessen. Ein zweifellos durchgreifender Festigkeitsunterschied zwischen den zwei Korollen aber ist begründet in der differenten Grösse ihrer Platten. Die Platte der Blumenblätter von *Silene nutans* ist höchstens halb so gross, wie jene der Kronblätter von *Saponaria officinalis* und da die Zahl der Platten bei beiden Blüten dieselbe ist, so wird selbstverständlich die *Silene*-Korolle von den äussern Angriffen nicht so heftig erfasst, wie die Krone der *Saponaria*-Blüte, bedarf also auch von Seite des Kelches keines so ausgiebigen Schutzes, wie diese. Dem entsprechend ist der Kelch von *Silene nutans* wieder bedeutend schwächer, als der von *Saponaria officinalis*. Er ist zwar auch röhrenförmig, hat aber eine dünnere Wandung und einen nur etwa halb so grossen Durchmesser, wie der *Saponaria*-Kelch. Ferner ist eine mechanische Differenz zwischen den zwei Kelchröhren gegeben durch ihre Stereom-Verhältnisse. Die Baststränge im Kelche von *Silene nutans* sind *nicht so zahlreich* und dazu meist noch *dünner*, als jene im *Saponaria*-Kelche. Somit stehen wir wiederum vor der Thatsache, dass eine Reduktion der Beanspruchung an den Kelch Hand in Hand geht mit dem Schwächerwerden seines mechanischen Systems.

Gehen wir noch einen Schritt weiter. Es wurde auch die Blüte von *Saponaria ocymoides* in den Bereich der Untersuchungen gezogen und es ergab sich hiebei das Resultat, dass der Kelch derselben noch schwächer ist, als der von *Silene nutans*. Er besteht in einer Röhre, welche etwa denselben Durchmesser besitzt, aber eine schwächere Wand aufweist, als der *Silene*-Kelch. Die grösseren Fibrovasalstränge, welche den Kelchtubus der Blüte von *Saponaria ocymoides* durchziehen, enthalten regelmässig noch *einzelne Bastfasern*, jedoch nie viele. Ich zählte in basalen Querschnitten in einem Bündel meistens 2–6 mech. Elemente, deren Wände stets von sehr bescheidener Dicke sind. Diese Stereom-Armut des Kelches von *Saponaria ocymoides* und dessen damit korrespondierende mechanische Schwächung gegenüber dem *Silene*-Kelch steht

nun wieder in Korrelation mit der Beschaffenheit der Krone. Diese ist mechanisch besser gestellt, als die *Silene*-Krone, weil die Platten ihrer Kronblätter kleiner und die Nägel unter sonst analogen Bauverhältnissen kürzer sind. Sie beansprucht deshalb den Kelch weniger stark, als die *Silene*-Krone und dieser kann daher auch schwächer sein, als der Kelch von *Silene nutans*.

Mit der Schilderung der Blüte von *Saponaria ocymoides* sind wir nun in einem Punkte angelangt, wo das mechanische System des Kelches, sofern es durch Stereom-Verhältnisse gegeben ist, minimale Dimensionen annimmt. Wenn wir uns jetzt in Gedanken einen Kelch konstruieren, welcher von Seite benagelter Blumenblätter nur wenig schwächer angegriffen wird, als der Kelch von *Saponaria ocymoides*, so ist das zunächst Liegende offenbar, dass die Stereiden im röhrenförmigen Kelche ganz verschwinden. Dieser Fall kann sich in der Natur sehr wohl vorfinden, in dem mir zu Gebote stehenden Material fand sich jedoch kein Beispiel hiefür.

Stossen wir nun aber auf Kelche, welche durch die Korolle sichtlich einen noch geringeren Angriff erleiden, als in dem eben von uns gedachten Falle, also einen erheblich schwächeren, als bei der Blüte von *Saponaria ocymoides*, so muss sich die Fragestellung ergeben, auf welche Weise jetzt im Baue des Kelches der geringeren Beanspruchung Rechnung getragen ist. Eine der natürlichsten Lösungen dieser Frage ist gewiss die, dass der Kelch nicht mehr in der röhrenförmigen Gestalt auftritt, sondern in der freiblätterigen. Einen Kelch, der durch die Krone nicht blos ein wenig, sondern erheblich schwächer beansprucht wird, als der von *Saponaria ocymoides* finden wir in der Blüte von *Geranium Robertianum*. Die Kronplatten derselben erreichen freilich noch ungefähr dieselbe Grösse und die Nägel sind an der Basis von etwa der nämlichen Querschnittsform und Dicke, dagegen blos etwa halb so lang, wie bei der Krone von *Saponaria ocymoides*. Diese starke Längendifferenz zwischen den Nägeln der beiden Korollen besagt natürlich auch einen erheblichen mechanischen Unterschied und involviert ein geringeres Unterstützungsbe-

dürfnis der *Geranium*-Krone gegenüber der von *Saponaria ocymoides*. Im Einklang damit charakterisiert sich nun thatsächlich der Kelch der *Geranium*-Blüte nicht mehr durch die Röhrenform, sondern durch die *freiblätterige Gestalt*. Die freien Kelchblätter, die sich mit ihren Rändern von der Basis bis zur Spitze berühren und so die Kronnägel immerhin noch nach Art eines Kelchtubus umgeben, sind mit drei nach aussen vorspringenden Rippen versehen. In jeder Rippe verläuft ein grösseres, stereomfreies Leitbündel. Die mechanische Ausstattung eines solchen Kelchblattes besteht einzig in der Rippenbildung und in dem Vorhandensein einer der inneren Epidermis anliegenden, schutzscheidenartigen Zellschicht mit stark verdickten, nach innen sich oft verjüngenden Radialwänden. (Fig. 4.) Es hat also der Kelch von *Geranium* doch noch eine gewisse Steifigkeit. Von einem derartigen Kelche kann die Krone immer noch einen gewissen Schutz gegen Angriffe von aussen erhalten. Dies ist nun nicht mehr, oder jedenfalls in äusserst beschränktem Maasse der Fall bei einer andern Blüte, auf die ich im Laufe der Untersuchungen gestossen bin, nämlich bei der Blüte von *Sinapis arvensis*.

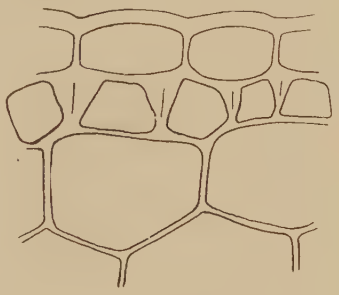


Fig. 4. Epidermis und subepidermale Schicht der inneren Seite des Kelchblattes von *Geranium Robertianum* aus einem Querschnitt durch das Blatt.

Die freien Kelchblätter dieser *Crucifere* sind von der Basis bis zur Spitze ungefähr gleich breit und bilden kahnförmige Organe, deren konkave Seite den Kronnägeln zugekehrt ist. Sie berühren sich mit ihren Rändern nicht mehr, bilden also keine Röhre mehr um die Nägel der Blumenblätter herum, sondern *stehen gewöhnlich von der Krone ab*. Diese ist infolgedessen mechanisch so ziemlich auf sich selbst angewiesen und bekundet das auch in ihrem Bau. Sie hat gewöhnlich etwas kürzere Nägel, dafür aber in der Regel auch ein we-

nig breitere Platten, als die *Geranium*-Korolle und würde infolge dessen dieser gegenüber als ungefähr gleich stark anzusprechen sein. Nichtsdestoweniger aber muss ihr eine grössere Festigkeit zuerkannt werden und zwar wegen der Querschnittsform ihrer Nägel. Diese tritt hier als mechanisch wichtiger Faktor in den Vordergrund. Die Kronnägel der *Sinapis*-Blüte (Fig. 5) besitzen einen etwa doppelt so grossen Durchmesser in der Radialrichtung der Blüte, wie die Nägel der meisten bisher besprochenen Blüten und garantieren der Krone eine gewisse Biegungsfestigkeit.

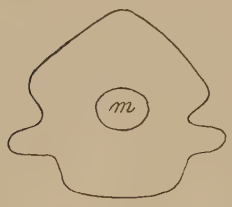


Fig. 5. Querschnitt durch die basale Partie eines Nagels der Blüte von *Sinapis arvensis*. m = Mestombündel.

Ähnliche Verhältnisse wie bei der Blüte von *Sinapis arvensis* finden sich auch bei andern *Cruciferen;* doch soll hier die Besprechung der *actinomorphen* Blüten mit benagelten Kronblättern ihren Abschluss finden. Das Hauptergebnis, das sich hiebei herausgestellt hat, kann seinen Ausdruck erhalten in dem folgenden Satze :

Bei actinomorphen Blüten mit benagelten Kronblättern ist ein Kleinerwerden der Kronplatten, sowie ein Kürzer- und Dickerwerden der Kronnägel unter sonst ungefähr gleich bleibenden Bauverhältnissen mit einer Schwächung des mechanischen Systems im Kelche verknüpft und umgekehrt.

Bezüglich der mechanischen Verhältnisse im Andröceum und Gynäceum der in Rede stehenden Blüten ist das Folgende zu bemerken. Es besitzen die Staub- und Fruchtblätter oft gewisse Einrichtungen, welche ihnen sichtlich eine bestimmte Festigkeit verleihen. Ich erinnere z. B. an die bereits bei der Behandlung der *Dianthus*-Blüte erwähnte Dickwandigkeit der Epidermis an derBasis des Gynäceums. Abgesehen von solchen weniger auffälligen Verhältnissen aber konnte ich bei den erwähnten Organen keine Verstärkungseinrichtungen nachweisen. Demzufolge lässt sich der weitere Satz formulieren :

Die Organe der zwei inneren Blattkreise radiärer Blüten mit benagelten Kronblättern sind regelmässig ohne ausgeprägte mechanische Ausstattung.

Es sei noch bemerkt, dass ich auch die Blüten von *Dianthus silvestris*, *Agrostemma Githago*, *Lychnis Flos cuculi*, *Silene inflata* und *Silene saxifraga* eingehend untersucht habe und keine unerklärlichen Widersprüche mit den eben aufgestellten Sätzen feststellen konnte. Die Kelchröhren der erwähnten Blüten sind ausnahmslos durch typisch mechanische Elemente verstärkt. Ein ausführlicher Vergleich zwischen allen diesen Blüten würde uns indessen zu weit führen und zudem nichts Neues bieten. Nur ein Faktum möge an dieser Stelle noch Erwähnung finden. Dasselbe betrifft den Blütenkelch von *Agrostemma Githago*. Derselbe besteht aus einer Röhre, welche mit stark nach aussen vorspringenden Rippen und mit langen Kelchzähnen versehen ist. In jeder Rippe verläuft ein dicker Baststrang und fast das gesammte Grundgewebe der Kelchröhre ist ausserordentlich dickwandig und chlorophyllfrei. Nur auf der äusseren Seite der Bastbündel, also an den für die Beleuchtung am besten situierten Stellen der Röhre findet sich ein schmaler Streifen aus dünnwandigem, chlorophyllführendem Gewebe. Ganz anders als in der Kelchröhre gestaltet sich das Verhältnis zwischen dem Stereom und dem Assimilationssystem im Kelchzahn und das ist es, worauf ich hauptsächlich aufmerksam machen möchte. Im Kelchzahn besteht fast das gesammte Grundgewebe aus dünnwandigen Pallisadenzellen. Die *Hauptfunktion der Zähne* ist sichtlich nicht mehr die mechanische, wiewohl deren grössere Mestom-Bündel noch Collenchym-Belege besitzen, sondern die *assimilierende*. Wir haben hier einen Fall vor uns, wo zwei Teile eines und desselben Organs wesentlich verschiedene Hauptfunktionen haben und dem entsprechend eine differente anatomische Struktur.

2. Vergleich zwischen aktinomorphen Blüten mit benagelten Kronblättern und solchen mit Kronröhren.

Denken wir uns zwei Kronformen konstruiert, von denen die eine röhrenförmig ist, die andere aber ceteris paribus eine Combination von freien, benagelten Blumenblättern repräsentiert. Offenbar würden wir dann der letzteren aus mechanischen Gründen eine geringere Biegungsfestigkeit zusprechen, als ersterer. Ich habe nun im Laufe meiner Untersuchungen allerdings nie zwei Blüten aufgefunden, deren Korollen sich lediglich dadurch unterscheiden, dass die eine aus freien benagelten Blättern besteht, die andere aber in der röhrenförmigen Gestalt auftritt. Dagegen giebt es doch Kronformen, welche sich, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch hauptsächlich durch das genannte Moment unterscheiden. An diese Thatsache knüpft sich die Frage: Werden sich auch Beziehungen nachweisen lassen zwischen den erwähnten verschiedenartigen Konstruktionsformen von zwei Korollen und dem Ausbildungsgrade des mechanischen Systems in den zugehörigen Kelchen? Die Ergebnisse mehrerer auf diese Fragestellung hin angestellter Untersuchungen legen uns die Bejahung der gestellten Frage nahe.

Vergegenwärtigen wir uns die diesbezüglichen Verhältnisse in den Blüten von *Gentiana verna* und *Dianthus Carthusianorum*. Die Corollen derselben weichen in mechanischer Hinsicht am auffälligsten dadurch von einander ab, dass die von *Gentiana verna* röhrenförmig ist, jene von *Dianthus-Carthusianorum* aber aus freien, benagelten Blättern besteht. Die Staub- und Fruchtblätter der zwei Blüten differieren mechanisch kaum von einander. Der Kelch ist in beiden Fällen röhrenförmig und hat ungefähr denselben Durchmesser und dieselbe Höhe. Auch die Wanddicke der zwei Röhren ist annähernd dieselbe. Der Kelch der *Gentiana*-Blüte hat etwas höhere Rippen, als der von *Dianthus Carthusianorum*, dafür aber

wieder ein viel lockereres Grundgewebe, so dass auch aus diesen Verhältnissen kein entscheidender mechanischer Unterschied zwischen den zwei Kelchröhren abgeleitet werden dürfte. Eine durchgreifende Differenz aber zwischen den beiden Kelchen ist begründet in ihrer stereomatischen Ausrüstung. Während dem Kelch von *Gentiana verna* ein ausgeprägtes Stereom fehlt, wird der Kelch von *Dianthus Carthusianorum* von dicken Bastbündeln durchzogen. Diese in grosser Zahl auftretenden mechanischen Stränge begleiten die Mestom-Bündel auf ihrer äussern Seite. (Fig. 6).

Fig. 6. Teil eines Querschnitts durch die Kelchröhre von *Dianthus Carthusianorum*. (Mechanisches Gewebe dunkel.)

Sonderbarerweise gehen diese typisch mechanischen Elemente ganz an der Basis des Kelches in dünnwandiges Gewebe über. Es erhält jedoch diese Erscheinung ihre physiologische Erklärung dadurch, dass der Kelch an der Basis ringsum von Hochblättern eng umschlossen wird, welche ihrerseits von förmlichen Platten aus typisch mechanischen Zellen durchsetzt sind. Diese Hochblätter gewähren dem Kelchtubus an der Basis wohl hinlänglichen Schutz, so dass er daselbst der mechanischen Elemente entbehren kann. In ähnlicher Weise wie der Kelch von *Dianthus Carthusianorum* wird auch der von *Gentiana verna* an der Basis von Hochblättern umgeben, doch finden sich in diesen keine Stereiden vor.

Zieht man alle erwähnten Verhältnisse der in Frage stehenden Kelchröhren in Betracht, so muss entschieden dem Kelche von *Dianthus Carthusianorum* eine bedeutend höhere Festigkeit zugesprochen werden, als dem der *Gentiana*-Blüte. Diese Thatsache darf nun wohl so gedeutet werden, dass die Kronnägel der *Dianthus*-Blüte schwächer sind und folglich einer ausgiebigeren Unterstützung von Seite des Kelches bedürfen, als die röhrenförmige Korolle von *Gentiana verna*.

Ziehen wir noch einen Vergleich zwischen zwei weiteren Blüten, zwischen denen von *Vaccaria parviflora* und *Primula elatior*. Die zwei inneren Blattkreise derselben verhalten sich nach der mechanischen Seite hin kaum verschieden. Stellt man ferner ihre Korollen einander gegenüber, so besteht der auffallendste mechanische Unterschied darin, dass die eine, nämlich die von *Primula elatior*, röhrenförmig ist, die andere aber aus freien, benagelten Blumenblättern besteht. Diese Festigkeitsdifferenz gelangt nun auch in den zugehörigen Kelchen wieder zum Ausdruck. Für die Kelche beider Blüten ist zwar die röhrenförmige Gestalt charakteristisch, und es unterscheiden sich diese Röhren hinsichtlich des Durchmessers, der Wanddicke und Höhe nicht wesentlich von einander. Für die Rippen, welche den *Primula*-Kelch auszeichnen, besitzt der *Vaccaria*-Kelch ein mechanisches Äquivalent in seinen Flügelbildungen. Eine starke mechanische Differenz zwischen den zwei Kelchröhren ist aber gegeben durch ihren verschiedenartigen Besitz an typisch mechanischen Zellen. Im Kelche der *Primula*-Blüte bilden diese Elemente fünf in den Rippen verlaufende, an die Mestom-Bündel sich anschliessende Stränge von mässiger Dicke, im *Vaccaria*-Kelche aber erscheinen sie in Form einer nur in den Flügeln unterbrochenen Röhre, welche in der Radialrichtung etwa gleich dick ist, wie ein Baststrang im *Primula*-Kelche. Fast das gesammte Grundgewebe des *Vaccaria*-Kelches ist in den Zonen zwischen je zwei Flügeln durch das reichliche Auftreten der Stereiden verdrängt. (Fig. 7). Nach oben hin freilich gehen diese Elemente in dünnwandigeres Gewebe über. Es verlieren sich aber auch die Baststränge des *Primula*-Kelches in der oberen Partie der Röhre. Hinsichtlich des Auftretens von Stereom ist also der Kelch der *Vaccaria*-Blüte entschieden stark im Vorteil, und weil sich aus den übrigen Bauverhältnissen der beiden Kelche keine beachtenswerte mechanische Differenz ableiten lässt, muss er überhaupt im Vergleich zum *Primula*-Kelch als stärker angesprochen werden. Es liegt hier somit ein weiterer Fall vor, wo eine aus benagelten Blumenblättern bestehende Korolle mit einem stärkeren Kelche kombiniert ist, als eine Krone,

welche eine röhrenförmige Gestalt, im Übrigen aber nicht sehr verschiedene Bauverhältnisse aufweist.

Aus den im vorstehenden Kapitel behandelten Erscheinungen leitet sich nun der Satz ab: *Kronformen, die sich aus benagelten Blumenblättern zusammensetzen, sind unter sonst ähnlichen Bauverhältnissen mit stärkeren Kelchen kombiniert, als Kronröhren.* Das ist, soweit meine Untersuchungen in Betracht kommen, selbst dann noch wahr, wenn die radiale Dicke der Nägel erheblich grösser ist, als die Wanddicke der verglichenen Kronröhre.

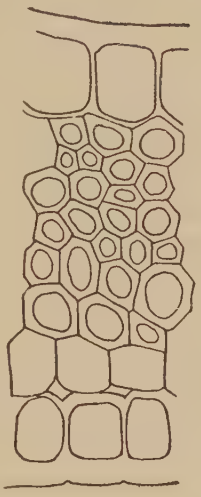


Fig. 7. Teil eines Querschnitts durch die basale Partie der Kelchröhre von *Vaccaria parviflora*.

Zur Würdigung des angeführten Satzes bemerke ich indessen, dass derselbe natürlich nur so lange Geltung haben kann, als der Begriff « ähnliche Bauverhältnisse » nicht zu weit ausgedehnt wird. Von ähnlichen Bauverhältnissen dürfte man z. B. sicherlich nicht mehr sprechen, wenn die Nägel einer freiblätterigen Krone durch gewisse spezifisch mechanische Verhältnisse, beispielsweise durch Bastfasern, so sehr verstärkt wären, dass sie ein ebenso festes System repräsentieren würden, als eine stereomfreie Kronröhre.

---

3. Aktinomorphe Blüten mit Kronröhren, unter sich verglichen.

Wenn wir Blüten vor uns haben, deren Korollen röhrenförmig sind, und wenn die Aufgabe an uns herantritt, nach Wechselbeziehungen zu forschen, welche zwischen Kelch und Krone dieser Blüten bestehen, so ist vor Allem eine Orientierung geboten über die Beanspruchungsgrösse der verschie-

denen röhrenförmigen Kronformen. Es seien deshalb einige der markantesten Formverhältnisse herausgegriffen, welche die mechanische Situation der Kronröhre beeinflussen.

Einen fundamentalen Einfluss auf die Festigkeit einer röhrenförmigen Krone übt jedenfalls deren Durchmesser aus. Eine Röhre mit grossem Durchmesser besitzt im Allgemeinen eine höhere Biegungsfestigkeit, als eine solche mit kleinerem Durchmesser. Das ist mit gewissen Einschränkungen (vgl. Schwendener: « *Das mechanische Princip* » *pag. 25)* ein unanfechtbares Gesetz der Mechanik und hat nachgewiesener Maassen auch in der lebenden Natur seine Gültigkeit.

Ein anderes tief in die Festigkeitsverhältnisse der Krone eingreifendes Moment ist natürlich auch ihre Länge. Eine lange Röhre bietet den äusseren mechanischen Kräften einen längeren Hebelarm zum Angriff und bedarf daher von Seite des Kelches eines ausgiebigeren Schutzes, als eine im Übrigen gleich gebaute kürzere Kronröhre.

Dass auch die Dicke und Querschnittsform der Röhrenwandung einen nicht zu unterschätzenden mechanischen Faktor bilden, braucht kaum noch besonders hervorgehoben zu werden.

Im Folgenden soll nun dargethan werden, in welcher Gestalt diese verschiedenen Festigkeitsgrade der Kronröhren in der Konstruktion der zugehörigen Kelche ihren Ausdruck finden.

Vorab dürfte es nicht allzu schwierig sein, den Nachweis zu liefern, dass Kronröhren mit grösserem Durchmesser regelmässig mit schwächeren Kelchformen kombiniert sind, als im Sonstigen gleich konstruierte Korollen von kleinerem Durchmesser. Es ergiebt sich das schon daraus, dass es eine beträchtliche Zahl von engen Kronröhren giebt, welche von röhrenförmigen Kelchen umgeben sind, während weitere Kronröhren mit sonst etwa gleichen Bauverhältnissen freiblätterige Kelche unter sich haben. Vergegenwärtigen wir uns z. B. das Habitusbild der Blüte von *Symphytum officinale.*

Eine etwa 1 $^1/_2$ cm lange Kronröhre wird von einem Kelche umgeben, welcher aus fünf ziemlich langen freien Blättern besteht. Eine andere ähnliche *Borragineen*-Blüte ist die von *Pulmonaria officinalis*. Die gleichfalls röhrenförmige Korolle derselben unterscheidet sich mechanisch von der von *Symphytum officinale* am stärksten dadurch, dass sie einen erheblich geringeren Durchmesser hat. Dieses Umstandes wegen muss sie der letzteren gegenüber als schwächer taxiert werden und bedarf daher eines stärkeren Kelches als diese. In der That ist sie denn auch von einem röhrenförmigen Kelche umgeben. Es liegt somit hier ein Fall vor, wo offenbar hauptsächlich die verschiedene Durchmessergrösse von zwei Kronröhren eine ungleiche Festigkeit der zugehörigen Kelchformen bedingt.

Vergleichen wir ferner die Blumenkronröhre von *Symphytum officinale* mit der von *Campanula patula*, so sehen wir sogleich, dass die letztere der ersteren gegenüber wieder durch einen grösseren Durchmesser sich auszeichnet. Die übrigen mechanischen Verhältnisse aber differieren bei den zwei Korollen kaum von einander. Damit im Einklang geniesst die Korolle von *Campanula patula* von Seite des freiblätterigen Kelches bei Weitem nicht jenen mechanischen Schutz, den die engere Kronröhre von *Symphytum officinale* von den sie umgebenden Kelchblättern erhält. Die Kelchblätter von *Campanula patula* stehen nämlich gewöhnlich von der Krone ab, so dass sie derselben sichtlich nur einen minimalen, oft wohl gar keinen mechanischen Dienst leisten. Ein gewisser Konnexus zwischen den Durchmessern der zwei Kronröhren mit der mechanischen Leistung der beiden Kelche muss wohl auch in diesem Falle wieder als zu Recht bestehend anerkannt werden.

Wie der Durchmesser der Kronröhren, so kann auch ihre Länge in Wechselbeziehung zu dem mechanischen System im Kelche stehen. Zur Beleuchtung des Gesagten diene ein Vergleich zwischen den Blüten von *Pulmonaria officinalis* und *Primula officinalis*. Ich habe mehr als ein Dutzend beliebige Kronröhren von jeder Pflanze hinsichtlich ihrer Längen gemessen. Die Korollen von *Pulmonaria officinalis* waren durchschnittlich 1 $^1/_2$ cm lang, die von *Primula officinalis* aber 2 cm.

Der Unterschied zwischen der Länge der beiden Kronröhren ist demnach ein ansehnlicher. Im Übrigen aber unterscheiden sich die beiden Kronröhren mechanisch kaum von einander. Macht sich also zwischen den Kelchen der beiden Blüten eine mechanische Differenz geltend, so sind wir wohl dazu berechtigt, als Hauptgrund hiefür die ungleiche Länge der betreffenden Kronröhren anzusehen.

Ergebnisse der anatomischen Untersuchung setzen die Existenz von Festigkeitsunterschieden zwischen den beiden Kelchen ausser Zweifel. Der Kelch von *Primula officinalis* repräsentiert eine mit fünf weit nach aussen vorspringenden Rippen versehene Röhre. An der Basis derselben ist die innere Epidermis ringsum kollenchymatisch. Auch das Grundgewebe zwischen dieser Epidermis und den in den Rippen verlaufenden Bastbündeln hat einen kollenchymatischen Charakter, desgleichen die äussere Epidermis an den Kanten der Rippen. In den oberen Partien des Kelches verliert sich die kollenchymatische Beschaffenheit aller dieser Gewebe. Dafür aber sind da die fünf dicken Leitbündel auf ihrer Aussenseite von Kollenchymsträngen begleitet.

Der ebenfalls röhrenförmige Kelch von *Pulmonaria officinalis* erweist sich schon dadurch als schwächer gegenüber dem von *Primula officinalis*, dass er kaum halb so hohe Rippen besitzt, wie der letztere. Ferner fehlen ihm die Kollenchymbelege auf der Aussenseite der Mestom-Bündel oder es sind diese jedenfalls nur von sehr schwacher Entwicklung. An der Basis weist der Kelchtubus der *Pulmonaria*-Blüte analoge kollenchymatische Verdickungserscheinungen auf, wie der von *Primula*, doch erreichen diese in letzterem immer einen bedeutend stärkeren Ausbildungsgrad.

Das Faktum einer mechanischen Verschiedenheit der in Rede stehenden Kelchröhren steht also fest. Naturgemäss lässt sich diese zurückführen auf die ungleichartige Beanspruchung durch die zugehörigen Kronformen und diese ist ihrerseits wieder gegeben durch die differente Länge der beiden Kronröhren.

Wenn wir im vorstehenden Falle den Bau des Kelches in

Korrelation stehen sehen mit der Länge der Korolle, so möge schliesslich noch ein Beispiel angeführt werden, wo die Dicke und Querschnittsform der Kronröhrenwand mit dem Festigkeitsgrad des Kelches in Wechselbeziehung stehen. Den Ausgangspunkt für die folgende Betrachtung bildet die Blüte von *Rhododendron hirsutum*. Die Blumenkronröhre derselben zeichnet sich an der Basis durch eine erhebliche Wanddicke und wellblechartige Konfiguration aus. Durch diese mechanischen Momente erhält sie jedenfalls eine ziemlich hohe Biegungsfestigkeit und stellt an den Kelch keine grossen Anforderungen. Die freien Blättchen, welche denselben zusammensetzen, repräsentieren im Einklang damit winzige Gebilde, welche der Krone sichtlich einen äusserst geringen Schutz gewähren gegen die sie angreifenden mechanischen Kräfte. Der schwach kollenchymatische Charakter, der sich im peripherischen Gewebe dieser Blättchen und ganz besonders an ihren Rändern bemerkbar macht, kann in mechanischer Hinsicht wegen seiner minimalen Stärke kaum in Betracht kommen. Vergleicht man jetzt mit der Blüte von *Rhododendron hirsutum* andere ähnlich gebaute Blüten, deren Kronröhren aber einen kreisrunden Querschnitt und eine dünnere Wandung aufweisen, so stellt sich heraus, dass diese letzteren Blüten regelmässig stärkere Kelche besitzen, als die Blüte von *Rhododendron hirsutum*. Es sei beispielshalber blos an die Blüte von *Symphytum officinale* erinnert. Die freien Kelchblätter derselben erreichen eine erheblich grössere Länge und Dicke, als jene von *Rhododendron*.

Nebst dem Durchmesser und der Länge kann also nach Obigem auch die Dicke und Querschnittsform der Kronröhre in einem gewissen Konnex mit der mechanischen Ausstattung des Kelches stehen.

Zum Abschluss der vergleichenden Darstellung von Blüten mit röhrenförmigen Korollen sollen noch einige Worte Platz finden über einzelne Beziehungen zwischen den Blüten von *Primula officinalis* und *Primula elatior*. Anatomische Untersuchungen zeigen, dass selbst diese einander sonst so nahe stehenden *Primula* Species in mechanischer Hinsicht von ein-

ander abweichen. Während die Kelchröhre von *Primula elatior* von fünf ansehnlichen Strängen aus typisch mechanischen Zellen durchzogen wird, findet man in der Röhre von *Primula officinalis* keine solchen Stereiden, sondern blos fünf den Leitbündeln auf der Aussenseite anliegende Kollenchymbelege, welche zudem ganz an der Basis sehr schwach sind oder vollständig fehlen. Durch diese hauptsächlichste histologische Differenz zwischen den beiden Kelchen ist selbstverständlich auch ein mechanischer Unterschied gegeben zu Gunsten des Kelches von *Primula elatior*. Die Kelchröhre von *Primula officinalis* besitzt aber wieder bedeutend höhere Rippen, als die von *Primula elatior* und hat dadurch einen gewissen Ersatz für den ihr fehlenden Bast. Vergegenwärtigt man sich ferner, dass die trichterförmig ausgebreiteten Platten der Korolle von *Primula officinalis* gewöhnlich etwas kleiner sind, als die von *Primula elatior*, so muss man sich sagen, dass wohl auch die mechanischen Ansprüche, welche die Korolle an den Kelch stellt, geringer sind bei der Blüte von *Primula officinalis* als bei der anderen Species, und dass der Kelch infolge dessen bei letzterer auch stärker sein muss, als bei ersterer. Es bekunden sich somit auch bei den Blüten der in Rede stehenden *Primula*-Arten korrelative Verhältnisse zwischen Kelch und Krone.

Werfen wir nun nochmals einen Blick zurück auf die Vergleichungen, die im Vorstehenden angestellt wurden zwischen Blüten mit röhrenförmigen Korollen, so ergiebt sich hieraus als Resumé Folgendes:

Verschiedene Durchmesser- und Längenverhältnisse der Kronröhren, sowie eine differente Querschnittsform und Dicke ihrer Wandungen bedingen ceteris paribus verschiedenartige Festigkeitsgrade der Kelchformen.

Um an dieser Stelle auch noch Einiges zu sagen über die mechanischen Verhältnisse der zwei inneren Blattkreise bei den Blüten mit röhrenförmigen Korollen, so muss nur die Thatsache festgestellt werden, dass die Staub- und Fruchtblätter dieser Blüten, soweit ich sie untersuchte, und soweit es sich um ihre freien in der Kronröhre steckenden Teile han-

delt, in der Regel einer spezifisch mechanischen Ausstattung entbehren. Es erhalten diese Organe durch die Blütenhülle gewöhnlich einen ausgiebigen Schutz gegen die sie angreifenden äusseren mechanischen Kräfte. Indessen bin ich aber doch auf vereinzelte Fälle gestossen, wo sich in diesen Organen gewisse mechanische Einrichtungen namhaft machen liessen. Als Beispiel sei nur der Griffel der Blüte von *Campanula persicifolia* angeführt. Derselbe wird durch die Kronröhre, weil diese einen sehr grossen Durchmesser hat, sichtlich nur in beschränktem Maasse geschützt, besitzt daher an der Basis eine stark kollenchymatische Epidermis und subepidermale Schicht. Dadurch wird der Griffel bis zu einem gewissen Grade biegungsfest

---

4. Die zygomorphe Papilionaceenblüte nach der mechanischen Seite hin betrachtet.

Wir betrachten nun die *Papilionaceen*, eine Pflanzenfamilie, deren Blüten sich durch zygomorphen Bau auszeichnen. Im Reiche der zygomorphen Blüten treten Beanspruchungsmomente auf, welche ihre mechanischen Verhältnisse gegenüber jenen der actinomorphen Blüten komplizierter gestalten. Als das wichtigste dieser Momente muss wohl die einseitige Inanspruchnahme durch die Insekten in Rechnung gezogen werden. Es ist daher zum voraus der Gedanke naheliegend, dass sich in den *Papilionaceen*-Blüten nebst der morphologischen Zygomorphie auch eine anatomische resp. mechanische geltend machen wird. Was wir ebenfalls bei diesen Blüten erwarten müssen, das ist ein gewisser Zusammenhang zwischen den Festigkeitsverhältnissen der verschiedenen Blütenteile. Sollen unsere bisherigen Darlegungen nicht auf schwachen Füssen ruhen, so darf die eben genannte Korrelation sich nicht blos auf einzelne Pflanzengruppen beschränken, sie muss vielmehr allgemein sein.

Um nun einen Einblick zu gewinnen in die mechanischen

Verhältnisse der zygomorphen *Papilionaceen*-Blüten, richten wir unsere Aufmerksamkeit im Folgenden zunächst (sub a) auf das gegenseitige Verhalten des Kelches und der Basalteile der übrigen Blütenorgane, hernach (sub b) auf die Wechselbeziehungen zwischen dem Bau des Kelches und der Beanspruchung desselben durch das Körpergewicht der Insekten und endlich (sub c) auf das mechanische System des Schiffchens.

a. Der Kelch und die Basalteile der übrigen Blütenorgane.

Ein Merkmal, wodurch sich die Schmetterlingsblütler von den anderen dikotylen Pflanzen unterscheiden, ist bekanntlich gegeben durch den eigentümlichen Bau der Blumenkrone. Da aber der äussere Habitus der Korolle auch die Art und Weise des Insektenbesuchs beeinflusst, so gestaltet sich auch dieser verschieden bei den *Papilionaceen* und anderen *Dicotylen*. Allgemeine, wenn auch nicht ausnahmslose Regel hiebei ist, dass das Insekt immer mehr oder weniger eindringt zwischen das Vexillum einerseits und die demselben gegenüberliegenden Blütenteile anderseits. Bei dieser Operation übt das Insekt auf die Blüte ungefähr dieselbe Wirkung aus, wie ein Keil, der zwischen zwei auf einander liegende Bretter hineingetrieben wird. Die Fahne und die derselben gegenüberstehenden Blütenorgane werden auseinander gedrängt und dadurch natürlich hauptsächlich die basalen Partien dieser angegriffenen Blütenteile auf Biegung beansprucht. Unter den so in Anspruch genommenen Blütenteilen befinden sich nun nicht blos Elemente der Korolle, sondern meistens auch die Staub- und Fruchtblätter, denn gerade diese letzteren Organe liegen dem Vexillum diametral gegenüber.

Wenn wir jetzt nach mechanischen Wechselbeziehungen zwischen dem Kelche und den Basalteilen der übrigen Blütenorgane forschen, so treten uns theoretisch unter anderen besonders zwei Möglichkeiten entgegen. Es können entweder die Basalteile der Kronblätter, soweit sie im Kelche stecken,

oder noch höher hinauf zu einer Röhre vereint sein und die Staub- und Fruchtblätter einschliessen, resp. auch mit diesen verwachsen sein, oder es kann anderseits das Vexillum bis zur Blütenachse frei bleiben, während die ihm gegenüberliegenden Blütenteile mehr oder weniger mit einander verwachsen, eventuell auch frei sind. Im ersten Falle ist es natürlich undenkbar, dass der Kelch durch die keilartig wirkende Kraft des in die Blüte eindringenden Insekts beansprucht wird, dagegen wird er den basalen Partien der übrigen Blütenteile Schutz bieten können gegen die Angriffe von Seite des Windes und des Regens, eventuell auch gegen solche biegende Kräfte, welche durch das Körpergewicht des die Blüte besuchenden Insekts verursacht werden. Diese Konstruktionsform ist ausgebildet bei der Blüte von *Trifolium pratense*. Im zweiten Falle wird der Kelch, da er bei allen *Papilionaceen* röhrenförmig ist, die Basalteile der übrigen Blütenorgane nicht blos gegen die eben angeführten Kräfte zu schützen haben, sondern voraussichtlich auch gegen die sie auseinanderdrängende Kraft der Insekten. Das trifft mit Ausnahme der eben erwähnten *Trifolium*-Blüte bei allen von mir untersuchten Blüten zu.

Sei es nun, dass die Basalteile der Blumen-, Staub- und Fruchtblätter blos durch Wind, Regen und das Gewicht der Insekten angegriffen werden, oder sei es, dass dazu noch die keilartig wirkende Kraft der in die Blüte eindringenden Tiere kommt, in jedem Falle müssen wir erwarten, dass diese Basalteile entweder selbst mechanisch gut konstruiert sind, oder von dem sie umgebenden Kelche einen ausreichenden Schutz geniessen. Je stärker der Kelch sein wird, desto schwächer können diese Basalteile sein und umgekehrt.

Dass faktisch gewisse mechanische Korrelationen zwischen dem Kelche und den Basalteilen der anderen Blütenorgane existieren, möge vorab folgende Zusammenstellung einigermassen darthun.

A. Kelch stets mit typischem Stereom ausgestattet.	*Anthyllis Vulneraria* *Trifolium pratense* *Trifolium repens* *Lathyrus pratensis* *Orobus vernus* *Lotus corniculatus*	Basis der übrigen Blütenteile schwach, weil dünn und ohne stark entwickeltes mechanisches Gewebe.
B. Kelch regelmässig ohne Stereom.	*Robinia Pseudacacia* *Robinia hispida* *Cytisus Laburnum* *Coronilla Emerus*	Basis der übrigen Blütenteile stark, weil dicker und mit mechanischem Gewebe besser ausgestattet als in A.

Es würde zu weit führen, wollten wir alle Glieder dieser Gruppen mit einander eingehend vergleichen. Wir beschränken uns deshalb darauf, einen kurzen Vergleich anzustellen zwischen zwei Vertretern dieser Gruppen, z. B. zwischen den Blüten von *Anthyllis Vulneraria* und *Coronilla Emerus*. Die basalen Partien der im Kelch steckenden Kronteile sind bei der Blüte von *Anthyllis Vulneraria* sehr dünn und ohne nennenswerte mechanische Ausstattung. Der Stempel ist mechanisch insofern etwas ausgestattet, als das einzige ihn an der Basis durchziehende Gefässbündel mechanische Zellen enthält. Es sind jedoch diese Elemente nicht besonders dickwandig und bieten auch wegen ihrer zentralen Lagerung dem Gynäceum keine hohe Biegungsfestigkeit. Die Filamente der Stamina bilden an der Basis eine Art Röhre, deren äussere Epidermis kollenchymatisch ist. Im Übrigen aber ist diese Röhre schwach ; ihr Grundgewebe ist fast auf Null reduziert. Bemerkenswert ist, dass die Epidermis dieser Röhre in der vorderen Region, wo sie nicht mehr vom Kelche umgeben wird, aus typischen Stereiden besteht. Daraus lässt sich wohl folgern, dass sie an der Basis eben nur deshalb schwächer sein kann, weil sie da den Schutz des Kelches geniesst. Wollte man indessen auch annehmen, dass die Staub- und Fruchtblätter des mechanischen Schutzes von Seite des Kelches nicht bedürftig seien, so stellen an ihn doch unzweifelhaft die dünnen langen Kronteile erhebliche Anforderungen. Er ist deshalb nach der mechanischen Seite hin auch vorteilhaft konstruiert, indem er eine (ziemlich lange) Röhre von ansehnlichem Durchmesser repräsentiert, welche von zahlreichen an

die Mestom-Bündel sich anschliessenden Baststrängen durchzogen wird. Wenn diese letzteren in basalen Querschnitten meistens auch blos etwa 5–10 Elemente aufweisen, so bilden sie doch mit der weitlumigen Röhrenform des Kelches ein System, welches den umschlossenen Blütenteilen einen beträchtlichen Schutz zu bieten vermag.

Ganz andere Verhältnisse, als bei der Blüte von *Anthyllis Vulneraria* findet man bei der von *Coronilla Emerus* vor. Der Kelch derselben ist viel kürzer, als der von *Anthyllis*, hat zwar auch eine röhrenförmige Gestalt, besitzt jedoch keine mechanischen Zellen. Während der *Anthyllis*-Kelch bei grösseren Blüten ca. 1 $^1/_2$ cm lang ist, erreicht der von *Coronilla Emerus* blos eine Länge von ungefähr $^1/_2$ cm. Die übrigen Teile der *Coronilla*-Blüte aber sind länger (2–2 $^1/_2$ cm), als die entsprechenden Teile der Blüte von *Anthyllis Vulneraria* (1 $^1/_2$–2 cm). Infolge dessen ragen sie bei *Coronilla Emerus* viel weiter aus dem Kelche heraus, als bei *Anthyllis* und erhalten nur ganz an der Basis einen geringen Schutz von Seite des Kelches.

Hier ist der Ort, noch auf eine besondere Art der mechanischen Beanspruchung dieser Kronteile von *Coronilla Emerus* hinzuweisen, welche zu der gewöhnlichen Art der Inanspruchnahme beim Insektenbesuch noch hinzukommt. Es fliegen nämlich die Bienen, welche die Blüte besuchen, regelmässig *seitlich* an dieselbe an und klammern sich seitlich an den langen Basalteilen der Kronblätter fest, um in dieser Stellung den Nektar einzusaugen. Man kann deutlich wahrnehmen, dass hiebei die Basalteile der verschiedenen Blumenblätter auf Biegung beansprucht werden. Nebst dieser ungewöhnlichen Inanspruchnahme wird aber die *Coronilla*-Blüte, wie angedeutet, auch von vorn angegriffen und zwar von Hummeln. Hiebei werden das Vexillum einerseits und die demselben gegenüberliegenden Blütenteile anderseits auseinander gedrängt und sie erleiden eine schwache Krümmung. Alle diese Verhältnisse müssen in uns den Gedanken wach rufen, dass da gewiss die langen Stiele der im kurzen Kelche steckenden Blütenteile selbst mechanisch gut ausgestattet sind. Dass

diese Vermutung keine unbegründete ist, zeigt schon die Erscheinung, dass die Querschnittsflächen an der Basis der betreffenden Blütenteile von *Coronilla Emerus* viel grösser sind, als die entsprechenden Flächen von *Anthyllis Vulneraria*. Das Vexillum der Blüte von *Coronilla Emerus* z. B. hat an der Basis einen mehr als doppelt so grossen radialen und tangentialen Durchmesser, als die Fahne der *Anthyllis*-Blüte. Ungefähr dieselbe Proportion besteht bezüglich der Dicke auch bei den übrigen im Kelch steckenden Blütenorganen. Es besteht jedoch die mechanische Ausbildung dieser Blütenteile von *Coronilla Emerus* nicht allein in der erheblichen Dicke ihrer basalen Partien, sondern es gesellen sich hiezu noch andere Verhältnisse. Sowohl die basale Partie der Fahne, als auch jene der Flügel und des Schiffchens sind durch *peripherische mechanische Röhren* ausgezeichnet, indem sich die Epidermis und einige an diese sich anschliessende Gewebezellschichten aus dickwandigen Elementen zusammensetzen. (Fig. 8). Dieselben erweisen sich durch die Rotfärbung mit Phloroglucin und Salzsäure als verholzt, sind langgestreckt und grösstenteils mit prosenchymatisch zugespitzten Endigungen versehen. Speziell im Vexillum habe ich diese Elemente auch hinsichtlich ihrer Poren untersucht und es hat sich hiebei herausgestellt, dass dieselben meist eine längsovale Form haben und mehr oder weniger longitudinal gestellt sind. Dieser Umstand berechtigt uns wohl, diese prosenchymatischen Zellen als typische Stereiden anzusprechen. Am dickwandigsten sind regelmässig die Zellen der Epidermis. Die an diese sich anschliessenden Elemente erreichen in der basalen Partie des Vexillums die grösste Dickwandigkeit; in den Basalteilen der übrigen Kronblätter sind sie dünnwandiger.

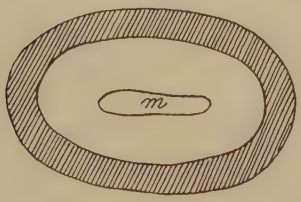


Fig. 8. Querschnitt durch die basale Partie des Vexillums von *Coronilla Emerus*. Mech. Ring schraffiert; m = Mestom.

Analoge Elemente wie in den basalen Partien der Korolle

finden wir auch in den Staub- und Fruchtblättern. Diese letzteren werden bei der Blüte von *Coronilla Emerus*, wie ich mich durch eigene Beobachtung zu überzeugen Gelegenheit hatte, sichtlich auch auf Biegung beansprucht beim Insektenbesuche, und es überrascht uns daher keineswegs, wenn sie auch durch mechanische Elemente ausgezeichnet sind.

Von besonderem Interesse dürfte noch die Mitteilung sein, dass das mechanische System des Stempels sich etwas anders gestaltet, als das der übrigen Blütenteile, indem nämlich das Gynäceum nicht an der Basis, sondern erst nach vorn hin mit einer mechanischen Röhre ausgestattet ist. Diese Erscheinung hat einen leicht erkennbaren physiologischen Hintergrund. An der Basis ist nämlich der Stempel von der aus den Staubgefässfilamenten gebildeten Rinne eingeschlossen und erhält von dieser wohl einen hinlänglichen mechanischen Schutz. Nach vorn hin aber tritt er aus dieser Rinne heraus und gerade in der Zone, wo er dieselbe verlässt, beginnt die mechanische Röhre, welche sich dann bis zur Spitze des Griffels hin erstreckt.

Wenn nun die erwähnten spezifisch mechanischen Einrichtungen die Basalteile der im Kelche steckenden Blütenorgane gegen die verschiedenen äusseren Angriffe widerstandsfähig machen, so verstehen wir es wohl, dass dem Kelche selbst keine grosse mechanische Rolle mehr zufällt und derselbe infolge dessen verhältnissmässig schwach sein kann. Es liegt also hier der umgekehrte Fall vor, wie bei der Blüte von *Anthyllis Vulneraria*. Dort hat das mechanische System seinen Sitz im Kelche, hier in den übrigen Blütenteilen.

Ähnlich wie in der Blüte von *Coronilla Emerus* gestalten sich die mechanischen Verhältnisse in den Blüten von *Cytisus Laburnum*, *Robinia Pseudacacia* und *Robinia hispida*. Die Blumen-, Staub- und Fruchtblätter dieser Blüten sind aber kürzer, als bei *Coronilla Emerus*, und damit in Beziehung steht wohl auch die etwas schwächere Entwicklung ihres mechanischen Systems. An die Blüte von *Anthyllis Vulneraria* schliessen sich in mechanischer Hinsicht die Blüten von *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Lathyrus pratensis*, *Orobus vernus* und *Lotus*

corniculatus mehr oder weniger eng an. Wenn sich zwischen den Kelchformen innerhalb der letztgenannten Gruppe von Blüten auch ziemlich starke mechanische Differenzen geltend machen, so finden dieselben in der verschiedenartigen Inanspruchnahme immer wieder ihre kausal-finale Erklärung.

Die Untersuchung aller im Vorstehenden besprochenen *Papilionaceen*-Blüten führt nun im Wesentlichen zu folgenden Hauptergebnissen :

1. *Zwischen der mechanischen Ausstattung des Kelches einerseits und der Basalteile der übrigen Blütenorgane anderseits existiert bei den Papilionaceen-Blüten eine zweckmässige Korrelation, welche wesentlich im Hinblick auf den Insektenbesuch ihre Erklärung findet.*

2. *Bei den Papilionaceen-Blüten werden meistens auch die Staub- und Fruchtblätter zu mechanischen Funktionen herangezogen und verraten das häufig in ihrem Bau.*

b. Die Construktion des Kelches und dessen Beanspruchung durch das Gewicht der Insekten.

Wenn sich ein Insekt auf eine *Papilionaceen*-Blüte niederlässt, so kann die durch sein Körpergewicht verursachte, die Blüte angreifende Kraft bezüglich ihrer Wirkung eine verschiedenartige sein. Die Art dieser Beanspruchung hängt, wie man leicht einsieht, jedenfalls sehr oft ab von der Lage der Blüte zum Horizonte. Bei einer mehr oder weniger senkrecht herunterhängenden Blüte hängt sich natürlicherweise im Allgemeinen auch das Insekt an die Korolle und nimmt deren Teile auf Zug in Anspruch. Diese Zugkraft kann nun wohl die Korolle, nicht aber den Kelch angreifen. Setzt sich aber ein Insekt auf die Krone einer wagrecht hinausstehenden oder schief nach oben gerichteten Blüte, so wird die Korolle zunächst nicht auf Zug, sondern auf Biegung beansprucht. In diesem Falle findet nun aber die Krone im Kelche ein Widerlager und verlangt von diesem und zwar in erster Linie von

der unteren Partie desselben eine bestimmte Festigkeit. Wir stellen nun die Frage: Finden die angedeuteten Beanspruchungsdifferenzen zwischen den Kelchen von herunterhängenden und wagrecht hinaus resp. nach oben gerichteten Blüten auch in der Anatomie dieser Kelchformen ihren Ausdruck? Die Resultate der histologischen Untersuchung drängen zur Bejahung dieser Frage hin.

Es zeigt sich vorerst, dass die Kelche der herunterhängenden Blüten von *Robinia hispida, Robinia Pseudacacia* und *Cytisus Laburnum* als «mechanisch» radiär bezeichnet werden können. Es treten da zwischen der unteren und den übrigen Seiten des Kelches keine, oder nur minimale mechanische Differenzen auf.

Ganz anders verhalten sich die Kelche der streng horizontal oder schief aufwärts stehenden Blüten. Dieselben weisen fast ausnahmslos eine *mechanische Symmetrie* auf, d. h. sie sind auf der Unterseite stärker als seitlich und oben. Zur Beleuchtung des Gesagten mögen einige Beispiele herangezogen werden.

Ein entschieden mechanisch zygomorpher Kelch ist der von *Lathyrus pratensis*. Derselbe wird von vielen kleinen und fünf grösseren Mestom-Bündeln durchzogen. Die meisten dieser Bündel besitzen auf der inneren Seite Bastbelege. Besonders die fünf grösseren Bündel sind durch kräftige mechanische Belege ausgezeichnet. Ein konstanter Unterschied zwischen den mechanischen Strängen der fünf grösseren Gefässbündel existiert nicht, dagegen beruht die grössere Stärke der Kelchunterseite gegenüber seinen anderen Partien in der Anordnung dieser fünf mit Stereom-Belegen versehenen Bündel. Eines hievon durchzieht nämlich den Kelch gerade in der Medianebene der Unterseite, die vier andere verlaufen seitlich. Die obere Partie des Kelches wird nur von kleinen Fibrovasalsträngen durchzogen. Somit ist also eine deutliche «mechanische Symmetrie» im Bau des *Lathyrus*-Kelches nicht zu verkennen.

Ganz übereinstimmende Verhältnisse liegen im Kelche von *Lotus corniculatus* vor. Auch die Kelchröhre von *Orobus*

vernus besitzt fünf durch ihre Grösse auffallende Gefässbündel, welche auf dieselbe Weise angeordnet sind wie die des *Lathyrus*-Kelches. Die Unterseite des *Orobus*-Kelches aber erhält gegenüber den seitlichen und oberen Partien noch eine weitere Verstärkung dadurch, dass auch der mechanische Beleg des unten durchziehenden Leitbündels dicker ist als die Belege der übrigen grösseren Bündel. Zudem ist auch die Wandung der Kelchröhre unten noch erheblich dicker als seitlich und oben.

In noch höherem Grade als bei *Orobus vernus* ist die Unterseite des Kelches gegenüber den anderen Partien mechanisch ausgezeichnet bei der Blüte von *Trifolium pratense*. Beim Kelche dieser Blüte beschränkt sich die mechanische Differenz zwischen der Unterseite und den übrigen Partien nicht allein auf die Kelchröhre, sondern sie erstreckt sich sogar in die Zähne des Kelches hinein. Die Kelchröhre von *Trifolium pratense* wird von 10 Fibrovasalsträngen durchzogen. Ein jeder dieser Stränge besteht aus einem dünnen Leitbündel und einem starken das Mestom röhren- oder rinnenförmig umgebenden Bastbelege. Unter den zehn Bastbelegen ist in nicht allzu sehr basalen Querschnitten regelmässig der unterste am dicksten und auch die über ihm liegende Rippe ist stets höher als die Rippen der seitlichen und oberen Kelchpartien. Dem untern Bastbelege kommen an Grösse gewöhnlich die zwei ihm benachbarten am nächsten. Die Zweckmässigkeit dieser Erscheinung leuchtet uns ein, denn diese zwei Stränge sind nicht weit vom mittleren entfernt und durchziehen also auch die durch die Insektenlast am direktesten angegriffene untere Seite des Kelches.

Wie liegen die Verhältnisse in den Kelchzähnen? Wie der untere Zahn sich schon durch seine grössere Länge von den anderen auszeichnet, so ist er auch nach der mechanischen Seite hin besser konstruiert. Wenn man von den verschiedenen Zähnen des Kelches in gleicher Entfernung von der Basis Querschnitte anfertigt, so findet man in den Schnitten des unteren Zahns immer bedeutend mehr mechanische Elemente als in Schnitten durch die anderen Zähne. Etwa in der Mitte

des unteren Kelchzahns finden wir z. B. noch drei Leitbündel, von denen jedes einen äusseren und einen inneren Bastbeleg besitzt. In der nämlichen Entfernung von der Basis befindet sich dagegen in den anderen Zähnen blos noch ein mit einem äusseren und inneren Bastbelege versehenes Mestom-Bündel. Es können nun freilich die Belege dieses Bündels ganz oder annähernd so dick sein wie die des mittleren Leitstranges im unteren Zahn; da aber dieser untere Zahn eben noch vier seitliche Baststränge besitzt, so ist ihm dadurch gegenüber den übrigen Zähnen eine erhöhte Biegungsfestigkeit garantiert. Es drückt sich demnach die mechanische Zygomorphie des Kelches von *Trifolium pratense* wirklich nicht blos in der Anatomie der Kelchröhre, sondern auch im Bau der Zähne aus.

Wie der Kelch von *Trifolium pratense* verrät auch der von *Trifolium repens* einen ausgeprägten mechanisch zygomorphen Charakter, jedoch auffallenderweise in einem ganz anderen Sinne. Derselbe ist nämlich unten schwächer als oben. Regelmässig ist das in der Mitte der Kelchoberseite verlaufende Mestom-Bündel mit dem dicksten mechanischen Belege ausgestattet. Wir müssen gestehen, dass uns dies anatomische Verhalten noch unerklärt ist, wiewohl gewisse Umstände dasselbe unserem Verständniss etwas näher zu rücken geeignet sind. Es stellt ja sichtlich auch die Korolle von *Trifolium repens* andere mechanische Anforderungen an den Kelch als die von *Trifolium pratense*. Die Fahne bei *Trifolium repens* ist bis zur Blütenachse frei und liegt der Kelchröhre eng an. Wird sie nun beim Insektenbesuch durch den Kopf des Tieres nach oben gedrängt, was nach meinen Beobachtungen gewöhnlich der Fall ist, so nimmt sie, da sie selbst schwach ist, die obere Seite des Kelches als Wiederlager in Anspruch. Dieselbe muss folglich eine gewisse Biegungsfestigkeit aufweisen. Dass aber die Oberseite geradezu stärker ist als die untere, erklärt uns das Gesagte noch nicht. Immerhin dürfen wir diese Erscheinung nicht als bedeutungslos hinstellen, da wir keine ganz genaue Kenntnis von den Beanspruchungsverhältnissen beim Insektenbesuche haben und in diesem Falle nicht bestimmt sagen können, ob dabei die obere oder die untere

Seite des Kelches intensiver angegriffen werde. Es ist uns unter Anderem auch bekannt, dass die Blüte von *Trifolium repens* vom Knospenzustand bis zur Samenreife eine Krümmungsbewegung vollzieht in dem Sinne, dass die anfangs senkrecht oder schief aufwärts stehende Blüte sich langsam senkt und schliesslich eine hängende Lage einnimmt. Man könnte dabei vielleicht an die Möglichkeit denken, dass die Insekten beim Besuch der Blüte auch dieser biegenden Kraft entgegenwirken und dadurch natürlich die obere Seite des Kelches empor zu heben suchen. Es darf jedoch einem solchen Erklärungsversuch nicht zu viel Wert beigelegt werden, da wir damit das Gebiet der reinen Spekulation betreten haben.

Physiologisch verständlicher als die mechanische Ausbildung des Kelches von *Trifolium repens* ist uns die noch zu besprechende Konstruktion des Kelches von *Anthyllis Vulneraria.* Trotzdem die *Anthyllis*-Blüten entweder wagrecht hinausstehen oder schief nach oben gerichtet sind, ist der Kelch derselben mechanisch radiär gebaut. Der Grund dieser Thatsache ist jedoch einleuchtend. Wie ich mich durch zahlreiche Beobachtungen überzeugt habe, werden die Kelchröhren von *Anthyllis Vulneraria* durch das Gewicht der Insekten allseitig angegriffen. Die *Anthyllis*-Blüten nehmen nämlich nicht jene regelmässige Orientierung im Raume ein, wie wir sie z. B. bei *Trifolium pratense* zu finden gewöhnt sind. Die Fahne der Korolle befindet sich nicht selten statt über dem Schiffchen unterhalb desselben und häufig liegt die morphologische Symmetrieebene der Blüte parallel zum Horizonte. Setzt sich nun ein Insekt auf die Korolle, so wird bald die ausserhalb des Vexillums gelegene, bald die diametral gegenüber- und bald eine dazwischen liegende Partie der Kelchröhre am direktesten angegriffen. Vergegenwärtigt man sich so die Art und Weise, wie der Kelch von *Anthyllis Vulneraria* beansprucht wird, so kann dessen mechanisch radiäre Konstruktion nichts Befremdendes mehr an sich tragen.

Folgendes Schema möge nun alle bisher besprochenen, auf ihre Symmetrieverhältnisse geprüften *Papilionaceen*-Kelche übersichtlich darstellen.

Kelche mechanisch *radiär.*	*Robinia Pseudacacia* *Robinia hispida* *Cytisus Laburnum*	Kelch durch das Körpergewicht der Insekten *nicht* angegriffen ; Blüten hängend.
	Anthyllis Vulneraria	Kelch durch das Körpergewicht der Insekten *allseitig* angegriffen . Symetrieebene nämlich wechselnd orientiert. Blüten wagrecht oder schief nach oben strebend.
Kelche mechanisch *symmetrisch.*	*Trifolium pratense* *Orobus vernus*	Kelch durch das Körpergewicht der Insekten *einseitig* angegriffen. Blüten wagrecht oder schief nach oben strebend.
	Lathyrus pratensis *Lotus corniculatus*	

Soll das Endresultat des vorstehenden Kapitels noch in einem Satz zusammengefasst werden, so kann derselbe folgenden Wortlaut erhalten :

Papilionaceen-Kelche, welche durch das Körpergewicht der auf der Blüte sich niederlassenden Insekten gar nicht oder allseitig beansprucht werden, sind mechanisch radiär konstruiert ; die Kelche aber, welche durch die Insektenlast einen einseitigen Angriff erfahren, verraten diese Inanspruchnahme durch die Symmetrie ihres mechanischen Systems.

Es ist klar, dass ein auf die Korolle einer wagrecht hinausstehenden *Papilionaceen*-Blüte fallender Regentropfen den Kelch in ähnlicher Weise angreift, wie ein auf die Krone sich setzendes Insekt. Ich verkenne nicht, dass dieser Faktor unter Umständen bei Beurteilung der mechanischen Symmetrie-Verhältnisse auch seine Berücksichtigung verdient. Doch darf wohl das Gewicht der Insekten in den meisten Fällen als ausschlaggebend betrachtet werden, wie es im Vorstehenden geschehen ist.

c. Das mechanische System des Schiffchens.

Es ist eine Thatsache, dass jedenfalls bei sehr vielen *Papilionaceen*-Blüten der vordere Teil des Schiffchens bei jedem Insektenbesuche mit der Unterseite des Tierkörpers in Berüh-

rung kommt. Ich habe mich hievon in zahlreichen Fällen auch selbst überzeugt. Am klarsten treten die diesbezüglichen Verhältnisse bei den Blüten hervor, deren Schiffchen wagrecht hinaus stehen. Jede durch ein Insekt verursachte Berührung des Vorderteils vom Schiffchen involviert eine bestimmte mechanische Beanspruchung desselben, und da derselbe einerseits vom Kelche keinen direkten mechanischen Schutz geniesst und anderseits Teile der wichtigsten Blütenorgane in sich birgt, so können wir wohl schon zum voraus darauf rechnen, dass er selbst gewisse Festigungseinrichtungen aufweise.

Es ist unzweifelhaft von grosser Wichtigkeit, dass dem Schiffchenvorderteil eine hohe Sicherheit gegen jede erhebliche Formveränderung garantiert ist, denn schon eine geringe Deformation könnte ihn seinem Zwecke, die wichtigsten Organe der Blüte durch seine Umhüllung zu schützen, entfremden. Damit solche Deformationen möglichst vermieden werden, dafür ist nun in der Konstruktion des Schiffchens thatsächlich Vorsorge getroffen. Um uns hievon zu überzeugen, soll kurz auf die mechanischen Verhältnisse in den Vorderteilen einzelner Schiffchen eingegangen werden.

Fig. 9. Querschnitt durch den Kollenchymstrang im Kiel des Schiffchens vom *Trifolium repens* gegen die Spitze hin.

Unter allen Schiffchen, die ich genauer untersucht habe, ist das von *Trifolium repens* hinsichtlich seiner vorderen Partie als eines der stärksten zu bezeichnen. Der vordere Teil desselben wird in seinem Kiel von einem dicken Kollenchymstrang durchzogen. (Fig. 9.) Sowohl das gesammte Grundgewebe, als auch die beiden Epidermen sind im Kiel kollenchymatisch. Die auf beiden Seiten des Kiels verlaufenden Mestom-Bündel sind von dicken Bastbelegen röhrenförmig umhüllt. Es ist das der einzige Fall, wo ich in einem Schiffchen typische Stereiden vorgefunden habe.

Etwas anders als bei *Trifolium repens* sind die mecha-

nischen Verhältnisse im Vorderteil des Schiffchens von *Trifolium pratense* gestaltet. Ein im Kiel verlaufender Kollenchymstrang ist indessen auch bei diesem Schiffchen nachzuweisen. Zudem aber ist die vordere Partie desselben mechanisch noch ausgestattet durch eine nicht blos auf den Kiel sich beschränkende, sondern auch auf die Flanken übergreifende stark kollenchymatische innere Epidermis und eine an diese sich anschliessende subepidermale Zellschicht mit stark verdickter, verholzter Aussenwand. (Fig. 10. Die verholzte Schicht ist dunkel.)

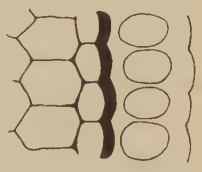


Fig. 10. Epidermis und subepidermale Schicht seitlich vom Kiel im Vorderteil des Schiffchens von *Trifolium pratense*. (Querschnitt).

Im Kiel des Schiffchens von *Lathyrus pratensis* ist gegen die Spitze hin ebenfalls das gesammte Gewebe kollenchymatisch. Die Epidermen der Flanken sind da durch dicke Tangentialwände ausgezeichnet, welche nur nach oben hin dünner werden.

Von Kollenchymsträngen werden auch die Kiele der Schiffchen von *Orobus vernus* und *Lotus corniculatus* durchzogen. Das Schiffchen der *Orobus*-Blüte ist, abgesehen von diesem Kollenchym, mechanisch nicht weiter ausgestattet, dasjenige von *Lotus corniculatus* aber ist in seinem vorderen Teile noch durch ein bis zum oberen Rande sich erstreckendes dickwandiges Grundgewebe ausgezeichnet und durch eine ebenfalls bis nach oben hin reichende mit dicken Tangentialwänden versehene äussere Epidermis.

An die mechanischen Verhältnisse im Schiffchen der *Lotus*-Blüte lehnen sich eng an jene im Schiffchen von *Anthyllis Vulneraria*. Beide Epidermen und das gesammte Grundgewebe des Kiels und der Flanken sind im vordersten Teile dieses Schiffchens sehr dickwandig. Nur die Radialwände der Epidermen sind, wie das auch beim Schiffchen der *Lotus*-Blüte der Fall ist, ziemlich dünn.

Unter den von mir der Untersuchung unterzogenen Schiffchen von mehr oder weniger senkrecht herunterhängenden Blüten besitzt dasjenige von *Cytisus Laburnum* im Kiel

noch kollenchymatisches Gewebe. Andere nennenswerte Festigkeitseinrichtungen hat dasselbe nicht.

Die Schiffchenwände von *Robinia hispida*, *Robinia Pseudacacia* und *Coronilla Emerus* weisen gegen die Spitze hin in der Region des Kiels eine grössere Dicke auf und besitzen häufig etwas dickere Epidermisaussenwände als nach oben hin, sonst aber sind sie durch keine auffälligen mechanischen Momente ausgezeichnet.

Vergleichen wir nun die mechanischen Einrichtungen der verschiedenen eben besprochenen Schiffchen mit einander, so ist vor Allem ersichtlich, dass dieselben bezüglich ihres Ausbildungsgrades von einander differieren, dass sie aber doch in keinem von allen untersuchten Schiffchen gänzlich fehlen. Ich habe mir natürlich auch die Frage vorgelegt, ob den verschiedenen Graden der mechanischen Ausstattung auch verschiedene Beanspruchungsgrössen entsprechen. Es reichen jedoch meine Beobachtungen zu einer befriedigenden Klarlegung der diesbezüglichen Verhältnisse nicht aus. Eines jedoch ergiebt sich aus allen Untersuchungen von *Papilionaceen*-Schiffchen, die Thatsache nämlich, die wir bereits oben konstatiert haben, dass unter Umständen auch Teile der Korolle zu wichtigen mechanischen Funktionen herangezogen werden können.

---

5. Zygomorphe Labiatenblüten nach der mechanischen Seite hin betrachtet.

Um unsere Untersuchungen über die Verhältnisse der verschiedenen Blütenteile in Hinsicht auf ihre mechanische Ausstattung noch etwas weiter auszudehnen, werfen wir noch einen kurzen Blick ins Reich der *Labiaten*-Blüten. Hiebei sei zunächst wieder die Frage gestellt: Sind auch in der Konstruktion der *Labiaten*-Blüten gewisse mechanische Wechselbeziehungen nachweisbar?

a. Mechanische Correlationen zwischen Kelch und Krone.

Zwei *Labiaten*-Blüten, deren Korollen entschieden ganz differente mechanische Anforderungen an den Kelch stellen, sind die Blüten von *Teucrium montanum* und *Clinopodium vulgare*. Die Röhre der *Clinopodium*-Krone ist etwa 1 cm lang, jene von *Teucrium* nur ungefähr $^1/_2$ cm. Die Unterlippe beider Korollen hat dieselbe Länge und die Oberlippe der *Clinopodium*-Krone weicht bezüglich ihrer Länge auch kaum ab von den zwei Zipfeln der tief zweispaltigen kleinen Oberlippe von *Teucrium montanum*. Durchmesser und Wanddicke sind an der Basis beider Kronröhren gleich. Die etwa doppelt so lange *Clinopodium*-Krone bedarf nun aber offenbar eines kräftigeren mechanischen Schutzes von Seite des sie umgebenden Kelches als die *Teucrium*-Korolle. Der Kelch von *Clinopodium vulgare* ist denn auch nach dem anatomischen Befund anders gebaut als derjenige von *Teucrium montanum*. Er hat zwar ungefähr denselben Durchmesser wie der letztere, ist aber schon etwas länger und besitzt 13 starke Rippen, während der *Teucrium*-Kelch deren blos 7 aufweist. In jeder Rippe des Kelches von *Teucrium montanum* verläuft ein Gefässbündel, welches einige nicht besonders dickwandige Libriform-Fasern enthält. Ich zählte in basalen Schnitten in den grössten Bündeln höchstens 10–12 mechanische Elemente, sehr oft blos 2–6. Die in den Rippen des *Clinopodium*-Kelches verlaufenden Baststränge sind dagegen so dick, dass man ohne Übertreibung sagen darf, ein einziger dieser Stränge enthalte weit mehr mechanische Zellen als alle Fibrovasalstränge im Kelche von *Teucrium montanum* zusammen. Angesichts dieser Thatsache muss dem *Clinopodium*-Kelche eine viel höhere Festigkeit zuerkannt werden als der Kelchröhre von *Teucrium* und es wird dies Verhältnis nur wenig verändert durch den Umstand, dass die Wanddicke im *Teucrium*-Kelche, gemessen zwischen je zwei Bündeln, etwas erheblicher ist als im Kelche von *Clinopodium vulgare*. Unser Vergleich führt demnach zu dem Satze:

Verschieden lange Korollen bedingen ceteris paribus eine differente anatomische Struktur und mechanische Ausstattung der zugehörigen Kelche.

Dieser Satz hat sich bereits aus der Betrachtung actinomorpher Blüten mit Kronröhren ergeben und findet auch hier im Reiche der zygomorphen Blüten seine Bestätigung.

Es sind nun auch Fälle denkbar, wo zwei Kronröhren ungefähr dieselben mechanischen Ansprüche an den Kelch stellen und derartige Fälle sind bei den Blüten der *Labiaten*-Familie nicht selten. Ein Beispiel hiefür sind die Blüten von *Mentha alpina* und *Clinopodium vulgare*. Die Kronen derselben sind ganz analog gebaut und dem entsprechend kann auch zwischen den beiden Kelchen kein wesentlicher Unterschied namhaft gemacht werden.

Anlässlich der Erwähnung von *Mentha alpina* soll noch auf die merkwürdige Thatsache aufmerksam gemacht werden, dass die Gefässe, welche den Kelch dieser *Mentha*-Blüte durchziehen, teils an den seitlichen Kanten der Baststränge, zum Teil aber zwischen den mechanischen Zellen dieser Stränge selbst verlaufen. (Fig. 11.) Infolge dieser Lagerung der Gefässe, und weil dieselben ungefähr dieselbe Querschnittsgrösse und Wanddicke besitzen wie die Stereiden, übersieht man sie leicht und gelang es mir erst nach längeren Bemühungen, sie ausfindig zu machen.

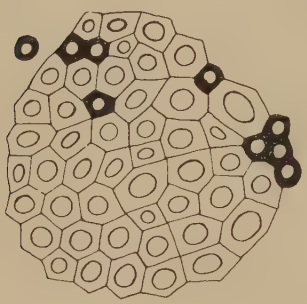


Fig. 11. Querschnitt durch einen Baststrang mit Gefässen im Kelch von *Mentha alpina*. Gefässe dunkel.

Doch wieder zurückkehrend zu unseren Betrachtungen mechanischer Natur erwähne ich noch zwei weitere Blüten, deren Kelchröhren von Seite ihrer Korollen annähernd gleich stark beansprucht werden. Es sind die Blüten von *Salvia pratensis* und *Galeobdolon luteum*. Ihre Korollen unterscheiden sich mechanisch kaum von einander und in Übereinstimmung damit sind auch die zugehörigen Kelchröhren in mechanischer Beziehung ähnlich konstruiert. Die Leitbündel beider Kelche werden an der Basis von dicken Belegen aus typischem Stereom begleitet. Diese Belege verlieren sich

aber schon vor der Mitte des Kelches. Im *Galeobdolon*-Kelche kommen nebst diesen Bastbelegen der Leitbündel noch mestomfreie mechanische Zellstränge vor, welche im *Salvia*-Kelche fehlen. Dafür sind aber in letzterem die Bastbelege der Leitbündel dicker als im *Galeobdolon*-Kelche. Wie also die Korollen der in Rede stehenden Blüten analoge Anforderungen an die zugehörigen Kelche stellen, so weisen diese in mechanischer Hinsicht einen ungefähr übereinstimmenden Bau auf.

Ähnliche mechanische Ansprüche wie an den Kelch von *Galeobdolon luteum* treten an den von *Lamium maculatum* heran. Es ist die Krone von *Lamium maculatum* nur etwas länger als jene von *Galeobdolon luteum* und stellt daher etwas höhere Anforderungen an den Kelch als diese. Der Kelch von *Lamium maculatum* bekundet die gesteigerte Inanspruchnahme in seiner Anatomie dadurch, dass dessen Baststränge sich in der Mitte der Kelchröhre noch nicht verlieren, sondern dieselbe in ihrer ganzen Länge durchziehen.

Annähernd von gleicher Stärke wie die Kelchröhre von *Lamium maculatum* ist auch die von *Lamium purpureum*. Die Blumenkrone von *Lamium purpureum* hat zwar einen kleineren Durchmesser als die von *Lamium maculatum*, ist aber dafür auch kürzer als die letztere. Entsprechend der annähernd gleichen Inanspruchnahme der beiden *Lamium*-Kelche sind dieselben auch hinsichtlich ihres mechanischen Systems übereinstimmend gebaut. Beide Kelchröhren sind sowohl von zahlreichen isolierten Baststrängen durchzogen, als auch von typisch mechanischen Elementen, welche sich in Form von Belegen den Mestom-Bündeln anschliessen.

Auf weitere Vergleichungen zwischen *Labiaten*-Blüten soll Verzicht geleistet werden. Es zeigt schon dieser flüchtige Blick auf einige Repräsentanten der *Labiaten*-Familie, dass sich auch bei diesen Blüten Wechselbeziehungen zwischen den mechanischen Verhältnissen von Kelch und Krone erkennen lassen.

b. Mechanische Verhältnisse im Andröceum und Gynäceum.

Die Staub- und Fruchtblätter der meisten von mir untersuchten *Labiaten*-Blüten sind durch die Organe der zwei äusseren Blütenblattkreise gegenüber den äusseren mechanischen Angriffen ziemlich geschützt und besitzen keine spezifisch mechanische Ausstattung. Nur auf zwei Fälle möchte ich aufmerksam machen, wo die Sexualorgane mechanisch mehr auf sich selbst angewiesen sind und das auch in ihrem Bau bekunden.

Vorab ein Wort über die Stamina der Blüte von *Teucrium montanum*. Dieselben sind bis zum vorderen Rande der Kronröhre mit dieser verwachsen und ragen dann noch etwa $^1/_2$ cm weit frei über sie hinaus. Dass sie infolge dessen von Wind und Regen mechanisch beansprucht werden, unterliegt keinem Zweifel. Ein Vergleich zwischen den Stamina der *Teucrium*-Blüte mit mehreren von der Korolle besser geschützten Staubgefässen anderer Blüten gab nun das Resultat, dass die Staubfäden der ersteren eine viel dickere Epidermisaussenwand aufweisen, als die Filamente der letzteren. So ist z. B. die Epidermisaussenwand der Staubfäden bei *Mentha alpina* und *Gratiola officinalis* nur etwa halb so dick, wie bei der Blüte von *Teucrium montanum*. Es darf also wohl mit Recht angenommen werden, dass die Staubfäden der *Teucrium*-Blüte in ihrer dickwandigen Epidermis ein mechanisches Moment besitzen, welches sie befähigt, den äusseren auf sie einwirkenden Kräften erfolgreichen Widerstand zu leisten.

Ein zweiter noch zu besprechender Fall ist der von *Ajuga genevensis*. In der Blüte dieser Pflanze finden wir ebenfalls Staubgefässe, welche frei in die Luft hinausragen. Die Filamente dieser Stamina zeichnen sich jedoch durch keine auffallend dickwandige Epidermis aus. Dagegen sind sie gegenüber andern durch die Korolle mehr geschützten Staubfäden mechanisch im Vorteil durch ihre erhebliche Dicke, welche ihnen eine bestimmte Biegungsfestigkeit verleiht.

II. TEIL.

Ernährungsphysiologische Verhältnisse.

1. Die leitenden Systeme.

Bekanntlich besteht die Hauptfunktion der Blüte in der Erzeugung von Fortpflanzungskörpern. Dieselben repräsentieren in der Regel ziemlich konzentrierte Massen plastischer Stoffe und es müssen diese Materialien, da ihre Bildungstätte nicht in der Blüte selbst liegt, in dieselbe hinein wandern. Die Blüte fordert somit eine Zuleitung plastischer Baustoffe nicht blos zum Aufbau ihres eigenen Körpers, wie z. B. ein Laubblatt, sondern auch zu noch anderweitigem Verbrauch. Eine Folge dieses gesteigerten Leitungsbedürfnisses ist, dass oft Blütenstiele und Infloreszenzachsen relativ reicher sind an gewissen Geweben zur Leitung plastischer Stoffe, als vegetative Stengel und Zweige. Diese Thatsache wurde, wie in der Einleitung erwähnt, zuerst von Haberlandt konstatiert und später durch Untersuchungen von Otto Klein bestätigt.

Wenn nun der Gedanke richtig ist, dass es die Ovula- resp. Samen- und Pollenbereitung ist, welche eine Vermehrung gewisser Mestom-Elemente in den Leitbündeln der Achsen reproduktiver Organe bedingt, so muss sich mit physiologischer Konsequenz, wenn der Ausdruck erlaubt ist, auch *in den einzelnen Blütenblattkreisen eine Differenz geltend machen zwischen den relativen Quantitäten der einzelnen Mestomcomponenten.*

Wie sich die Verhältnisse in Wirklichkeit gestalten, zeigt uns eine Reihe vergleichend anatomischer Untersu-

chungen, die ich auf diesen Punkt hin gerichtet habe. Es sei an dieser Stelle gleich bemerkt, dass bei allen folgenden Schilderungen, sofern nicht besondere Angaben gemacht werden, die einzelnen Gewebepartien der Leitbündel immer in basalen Querschnitten mit einander verglichen werden.

a. Der Gefässkomplex und das übrige Mestom.

Zunächst soll die Frage ihre Erledigung finden, wie sich die Gefässgruppe in den Leitbündeln der verschiedenen Blütenkreise zu den übrigen Mestom-Partien verhält. Material zu dieser Untersuchung bietet uns die Blüte von *Dianthus Caryophyllus*. So sehr Kelch und Krone dieser Blüte in Bezug auf ihre mechanische Ausbildung von einander differieren, so verraten sie doch in Hinsicht auf die leitenden Systeme eine weitgehende Übereinstimmung. Das ist physiologisch verständlich, denn Kelch nnd Korolle stellen an die Leitung analoge Anforderungen. Sowohl die Kelchröhre als auch die Blumenblätter verlangen nur so viel Baustoffe, als sie zu ihrem eigenen Aufbau nötig haben, d. h. eine Speicherung plastischer Materialien für irgend welche Zwecke findet in diesen Organen nicht statt. Kelch und Krone werden von Gefässbündeln von bescheidener Dicke durchzogen. Wie die basalen Querschnitte zeigen, macht der Gefässkomplex sowohl in den Leitbündeln des Kelches, als auch in denen der Korolle meist etwa $^1/_6$, sehr oft sogar $^1/_4$ von der Gesammtmasse der leitenden Elemente aus. (Fig. 12.)

Fig. 12. Eines der grösseren Leitbündel des Kelches von *Dianthus Caryophyllus*. Nur die Gefässe des Mestoms sind gezeichnet. (Mik. Zeiss Ob. F Oc. 3).

Wie zwischen Kelch und Krone hinsichtlich ihrer leitenden Systeme eine schöne Analogie herrscht, so stimmen auch die zwei inneren Blütenblattkreise diesbezüglich ziemlich überein. Der Fruchtknoten wird ganz an der Basis, wo er noch massiv ist, von Gefässbündeln durchzogen, in welchen das zur

Leitung plastischer Stoffe dienende Gewebe die Gefässgruppe meistens um das zehn- bis zwanzigfache übertrifft. Von den Filamenten der Stamina wird jedes blos von einem einzigen Gefässbündel durchzogen. In den von mir untersuchten Bündeln schwankte die Zahl der Gefässe zwischen 6 und 10. Das gesammte zur Leitung organischer Baustoffe dienende Gewebe eines Bündels verhält sich zum Gefässkomplex häufig ungefähr wie 12 : 1. Sehr oft gestaltet sich das Verhältnis noch mehr zu Ungunsten der Gefässe. (Fig. 13.) Vergleichen wir die Leitbündel des Andröceums und Gynäceums mit denen der Blütenhülle, so sehen wir, dass in ersteren die Gefässe im Verhältnis zum übrigen Mestom viel spärlicher sind als in den letzteren.

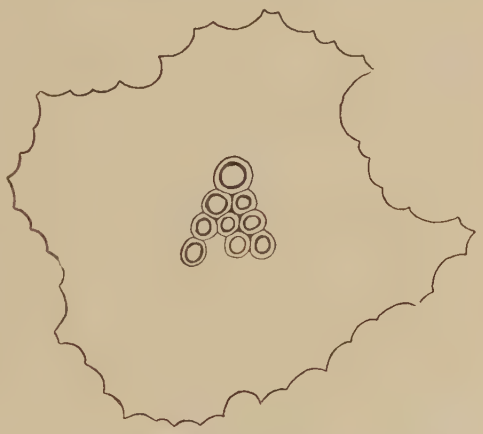


Fig. 13. Querschnitt durch das Gefässbündel in der basalen Partie des Staubgefässfilamentes von *Dianthus Caryophyllus*. Nur die Gefässe des Mestoms sind gezeichnet. (Mik. Zeiss Ob. F Oc. 3).

Eine Fragestellung, die nun nahe liegt, ist diese: Finden sich die Verhältnisse, welche den Bau der Leitbündel in den verschiedenen Organen der *Dianthus*-Blüte charakterisieren, auch bei anderen Blüten? Die Resultate der vergleichenden Anatomie bejahen diese Frage. Untersucht wurden noch Blütenteile von *Thea sinensis*, *Rhododendron hirsutum*, *Parnassia palustris* u. andere. Lassen wir noch die Besprechung der diesbezüglichen Verhältnisse in der Blüte von *Gratiola officinalis* folgen.

Das Kelchblatt der *Gratiola*-Blüte wird vom Grunde bis zur Spitze von einem ansehnlichen Mittelnerv durchzogen. Schnitte quer durch die breiteren Partien des Blattes weisen noch zwei kleine seitliche Stränge auf. Im grossen Leitbündel

zählte ich häufig 7–10 Gefässe. Die übrigen Elemente des Mestoms machen meistens das vier- bis fünffache des Gefässkomplexes aus. Ähnlich verhalten sich diese Bündelpartien in den Seitennerven.

Querschnitte durch die Kronröhre bieten ganz verschiedene Bilder, je nachdem sie aus basalen oder dem Schlunde genäherten Partien der Krone herstammen. Am unteren Teil der Kronröhre sind nämlich die Filamente der Stamina noch mit ihr vereint. Es finden sich daselbst Leitbündel vor, die sehr reich sind an Leptom und Holzparenchym. Wir haben hier einen Fall vor uns, wo in den Leitbündeln einer Korolle die Gefässe gegenüber dem andern Mestom stark in den Hintergrund treten, doch lässt sich hieraus kein Widerspruch konstruieren mit unseren bisherigen Darlegungen. Es zeigt die histologische Untersuchung, dass an der Stelle, wo die Staubgefässe sich von der Krone trennen, weitaus der grösste Teil des Leptoms in die Stamina übergeht, dass also der Reichtum an leitendem Gewebe für plastische Stoffe seinen Grund nicht in der Krone selbst hat, sondern in den aus ihr entspringenden Staubblättern. In den Leitbündeln der Krone oberhalb der Abgangsstelle der Staubfäden verhält sich die Gefässgruppe zur Summe der übrigen leitenden Elemente ungefähr wie 1 : 5 oder 1 : 4, während das Verhältnis im auf gleicher Höhe durchschnittenen Filamente meist zwischen 1 : 12 und 1 : 20 schwankt.

Somit sehen wir, dass sich Kelch und Krone der *Gratiola*-Blüte bezüglich der leitenden Systeme analog verhalten wie die entsprechenden Organe in der Blüte von *Dianthus Caryophyllus*, obwohl sie doch morphologisch wesentlich verschieden sind. Desgleichen schliesst sich die relative Ausbildung der leitenden Gewebepartien in den Leitbündeln der Staub- und Fruchtblätter von *Gratiola officinalis* den Verhältnissen in den gleichnamigen Organen der *Dianthus*-Blüte so eng an, dass wir uns darüber gar nicht weiter zu verbreiten brauchen.

Der Mitteilung wert dürfte dagegen noch eine andere Thatsache sein, die sich bei der Untersuchung der *Gratiola*-Blüte herausgestellt hat. Die Blüte besitzt nebst den fertilen

Staubgefässen noch ein Staminodium. Dasselbe unterscheidet sich dem äusseren Habitus nach kaum von den eigentlichen Stamina, jedenfalls existiert keine starke Differenz zwischen seinem Gewebequantum und der Gewebemasse eines gewöhnlichen Staubblattes. Da aber im Staminodium kein Blütenstaub gebildet wird, sich also da keine anderweitige Verbrauchsstätte für organische Baustoffe vorfindet, so wird sich dasselbe bezüglich des Leitungssystems anders verhalten als ein fertiles Staubgefäss. Thatsächlich tritt denn auch ein auffallender Unterschied zu Tage. Während in den Leitbündeln der Staubgefässfilamente die Gefässgruppe vom übrigen leitenden Gewebe um das 10-20fache übertroffen wird, so verhält sie sich zu diesem im Staminodium ungefähr wie 1 : 5, also ähnlich wie in den Leitbündeln des Kelches und der Krone. Es bildet somit das Resultat der Untersuchung dieses Staminodiums eine Stütze für die Auffassung, dass es die Bereitung der Fortpflanzungskörper ist, welche in den zwei inneren Blütenblattkreisen ein relativ mächtiges Gewebe zur Leitung plastischer Baumaterialien bedingt.

b. Das Mestom verschiedenartiger Blütenorgane verglichen mit deren Gesammtgewebe.

Das Staminodium der Blüte von *Gratiola officinalis* giebt uns noch zu einer weiteren Betrachtung Anlass. Es zeigt die Untersuchung, dass das Leitbündel in diesem Organ sich nicht blos durch die relativen Quantitätsverhältnisse der einzelnen Gewebepartien von dem Bündel eines fertilen Staubblattes unterscheidet, sondern überhaupt viel dünner ist als ein Leitstrang in einem eigentlichen Staubgefäss. Daraus lässt sich folgern, dass das gesteigerte Leitungsbedürfniss in den Staubblättern nicht blos eine Änderung des relativen Verhältnisses zwischen den Gefässen und den im Dienste der Leitung plastischer Stoffe stehenden Elementen bedingen kann, sondern auch eine mächtigere Entwicklung der Mestom-Stränge überhaupt.

Es ergiebt sich somit die Frage, ob denn nicht im Allgemeinen in den Organen der zwei inneren Blattkreise das erhöhte Leitungsbedürfnis mehr leitende Elemente bedinge im Verhältniss zum Gesammtgewebe dieser Organe, als in den beiden äussern Blütenblattkreisen. Um diese Frage etwas zu beleuchten, möge die Blüte von *Loranthus spec.* (Java) kurz in den Bereich unserer Betrachtung gezogen werden.

Ich habe Querschnitte hergestellt durch die Perigonzähne dieser Blüte und zwar in jener Zone, wo diese Zähne blos von einem einzigen Gefässbündel durchzogen werden. Ein derartiger Schnitt wurde verglichen mit einem auf gleicher Höhe erhaltenen Querschnitt durch das Filament eines Staubgefässes. Ich fixierte mit Hilfe des Zeichnenprismas die Umrisse beider Schnitte bei schwacher Vergrösserung, desgleichen jene der zugehörigen Fibrovasalstränge unter Anwendung des Objektivs D und des Okulars 3 (Mikroskop Zeiss). Aus dem Vergleich ergab sich, das der Zahn regelmässig eine etwa dreimal so grosse Querschnittsfläche besitzt als der Staubfaden. Zudem ist er auch noch etwas länger als das Filament. Man sollte demnach erwarten, dass auch das Mestom-Bündel des Zahns mindestens dreimal so mächtig wäre als dasjenige des Staubblattes. Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern das Leitbündel des Zahns ist blos etwa doppelt so mächtig wie jenes im Filamente des Staubgefässes. Es demonstriert uns also dieser Vergleich deutlich, wie in einem innern Blütenblattkreis die Leitbündel im Verhältnis zum Gesammtgewebe des Organs viel grössere Dimensionen erreichen als in einem äussern.

Ähnliche Vergleichungen wurden noch angestellt zwischen den verschiedenen Blütenorganen von *Saponaria ocymoides.* Sie führten zu analogen Ergebnissen wie die Untersuchung der *Loranthus*-Blüte.

Bezüglich der Gefässbündel in den Staubfäden von *Loranthus spec.* verdient nachträglich noch hervorgehoben zu werden, dass dieselben regelmässig einen Beleg von mechanischen Zellen besitzen und zwar besteht dieser Beleg an der Basis aus typischen Stereiden (Vgl. Tafel Fig. 7); gegen die

Anthere hin nehmen sie kollenchymatischen Charakter an. Ich erwähne diese Erscheinung ausdrücklich, weil ich sonst an keinem Gefässbündel eines Staubfadens einen mechanischen Beleg vorgefunden habe.

c. Das Leptom und Holzparenchym.

Nachdem es festgestellt ist, dass in den Leitbündeln der inneren Blütenblattkreise die zur Leitung plastischer Stoffe dienenden Elemente im Verhältnis zu den Gefässen reichlicher sind als in den Bündeln der Blütenhülle, so ist noch eine zweifache Möglichkeit vorauszusehen. Es kann in den Leitsträngen des Andröceums und Gynäceums entweder das vorwiegend zum Transport eiweissartiger Bildungsstoffe dienende Leptom mächtiger sein, oder aber das zum Hadrom gehörige Holzparenchym, welches im Dienste der Leitung von N-freien organischen Substanzen steht.

Um zu erfahren, wie sich diese Verhältnisse gestalten, richten wir unsere Aufmerksamkeit nochmals auf die Blüte von *Loranthus spec.* Ein Vergleich zwischen den Mestom-Bündeln der Perigonzähne und dem Leitstrang der Staubfäden zeigt sofort, dass es das Leptom ist, welches sich in den Gefässbündeln der Stamina stark verbreitert. (Fig. 3 u. 7 der Tafel). Dasselbe erreicht im Leitstrange eines Staubfadens ungefähr dieselbe Mächtigkeit wie in einem Bündel der Perigonzähne, während doch das gesammte den Transport organischer Baustoffe besorgende Gewebe (Leptom u. Holzparenchym) im Leitstrange des Staubblattes blos eine etwa halb so grosse Querschnittsfläche beansprucht wie im Gefässbündel eines Perigonzahnes. Daraus geht hervor, dass es in der Blüte von *Loranthus spec.* thatsächlich das Leptom ist, welches in den Staubblättern, also in einem inneren Blütenblattkreise, reichlicher auftritt als im Perigon.

Ähnliche Verhältnisse wie in der *Loranthus*-Blüte konnten noch bei mehreren Blüten festgestellt werden. Beispielsweise soll noch mit einigen Worten auf die relativen Mestom-

Quantitäten in den Blütenorganen von *Lilium Martagon* und *Lilium bulbiferum* eingegangen werden.

Während die Gefässbündel in den Perigonblättern der Blüte von *Lilium Martagon* stets eine ganz bescheidene Leptom-Gruppe enthalten, zeichnen sich die Leitstränge in den Staubfäden durch einen viel grösseren, die Bündel des Gynäceums aber durch einen geradezu gewaltigen Leptom-Reichtum aus. Die Zahl der Gefässe bleibt in den Leitsträngen aller Blütenteile zwar nicht ganz konstant, schwankt aber innerhalb ziemlich enger Grenzen. Dasselbe lässt sich vom Holzparenchym sagen.

Die der Arbeit beigegebene Figuren-Tafel möge das Gesagte zum Teil illustrieren (s. Fig. 2, 6 und 10).

Die Blütenorgane von *Lilium bulbiferum* schliessen sich hinsichtlich der relativen Ausbildung der verschiedenen Mestompartien den gleichnamigen Teilen der Blüte von *Lilium Martagon* eng an. Besonders hervorgehoben zu werden verdient wiederum die überraschende Mächtigkeit der Leptom-Stränge im Gynäceum.

Um noch einen weiteren Fall zu erwähnen, wo die Leitbündel der zwei innern Blütenblattkreise sehr leptomreich sind, sei nochmals auf die Blüte von *Dianthus Caryophyllus* hingewiesen. Auch hier ist es hauptsächlich das Leptom, welches in den Bündeln der Staub-und Fruchtblätter viel mächtiger wird als in den Leitsträngen des Perianths.

d. Die Mestomcomponenten in den Leitbündeln der Griffel und gewisser anderer Blütenorgane.

Wenn die Anschauung richtig ist, dass die Ausbildungsweise des Mestoms im Gynäceum zum grossen Teil durch die Ovula-Bildung bedingt ist, so muss sich bei Stempeln mit Fruchtknoten, Griffel und Narbe auch eine Differenz geltend machen zwischen den Leitbündeln an der Basis des Fruchtknotens und denen im Griffel. Während nämlich die Mestom-Stränge in der basalen Partie des Gynäceums die zur Bildung

der Ovula bestimmten Baustoffe zu leiten haben, kommt eine derartige Aufgabe den Bündeln des Griffels nicht mehr zu, und es leuchtet uns ein, wenn sich diese letzteren anders verhalten als die ersteren.

Die mikroskopische Untersuchung einer Reihe von Griffeln zeigt in der That, dass sich ihre Gefässbündel bezüglich der Mestomcomponenten analog verhalten wie die Leitstränge in den Organen der Blütenhülle.

Die zwei Mestom-Bündel im Griffel der Blüte von *Mentha alpina* setzen sich etwa zu einem Viertel aus Gefässen und zu drei Viertel aus anderen leitenden Elementen zusammen. Das Leptom, das allerdings gegen das Holzparenchym nicht scharf abgegrenzt ist, nimmt jedenfalls stets einen sehr beschränkten Raum ein.

Die vier den Griffel der Blüte von *Loranthus spec.* durchziehenden Fibrovasalstränge sind auch sehr arm an Leptom, während das Holzparenchym noch ziemlich reichlich auftritt. Die letztere Erscheinung findet ihre Erklärung wohl dadurch, dass im Griffel zur Bildung der dickwandigen mechanischen Zellen viel Kohlenhydrate zugeleitet werden müssen.

Die Untersuchung von noch andern Griffeln zeigte im Allgemeinen übereinstimmende Resultate; doch sollen diese Verhältnisse, da sie weiter nichts Besonderes bieten, nicht eingehender verfolgt werden. Ich gehe vielmehr dazu über, zur Stütze meiner Darlegungen noch andere speziellere Erscheinungen aufzuführen.

Zunächst möge uns die Blüte von *Parnassia palustris* kurz beschäftigen. Dieselbe besitzt bekanntlich ausser den eigentlichen fertilen Staubgefässen noch unfruchtbare. Ein jedes dieser Staminodien besteht aus einem dicken Basalteil und mehreren an der Spitze drüsenartig angeschwollenen Fortsätzen. An der Innenseite des Basalteils wird Honig ausgeschieden, weshalb diese Organe auch Nectarien heissen. Die histologische Untersuchung zeigt, dass der ganze Basalteil aus einem massiven homogenen Gewebe besteht, welches blos in der Mitte etwas kleinzelliger ist, als gegen die Epidermis hin. Spezifisch leitende Elemente konnte ich keine nach-

weisen. Ein solches Verhalten wäre bei einem fertilen Staubblatt physiologisch dunkel, dagegen ist es leichter verständlich bei einem solchen unfruchtbaren Gebilde. Dasselbe erzeugt keine Pollenkörner und bedarf des Leitungssystems nicht zum Transport von plastischen Bildungsstoffen für solche. Da nun fertile Staubgefässe, so klein sie auch sein mögen, immer ein ansehnliches Leitungssystem aufweisen, so ist hieraus wohl der Schluss erlaubt, dass nicht blos die Quantitätsverhältnisse der Leitbündelcomponenten, sondern das Auftreten von Leitbündeln überhaupt zur Bildung der Fortpflanzungskörper Beziehungen aufweisen.

In nicht so ausgeprägter Form, wie bei den *Parnassia*-Nektarien, aber doch auch deutlich weisen histologische Verhältnisse in den Schlundschuppen der Blüte von *Symphytum officinale* darauf hin, welche grosse Abhängigkeit besteht zwischen der Ovula- und Pollenbereitung und den plastische Stoffe leitenden Mestom-Partien. Diese Hohlschuppen sind voluminöser als die Stamina der *Symphytum*-Blüte, besitzen aber trotzdem blos etwa halb so viel leitende Elemente wie diese. Zwar wird ein solcher Kronfortsatz von zwei Leitbündeln durchzogen, jedes derselben macht aber nur ungefähr den vierten Teil von dem eines Staubblattes aus. Die Gefässe sind, wie es zu erwarten war, relativ zahlreicher in einem Mestom-Strang einer Schlundschuppe als im Leitbündel eines Staubfadens. So zählte ich in Bündeln der Schlundschuppen häufig 8–10 Gefässe und in mindestens viermal so grossen Leitsträngen der Staubfäden deren nur cca 14–16. Dass alle diese anatomischen Verhältnisse mit der Physiologie des betreffenden Organs in Harmonie stehen, ist nach dem Gesagten klar. So wenig wie in den Nektarien der *Parnassia*-Blüte werden in den Hohlschuppen der Blüte von *Symphytum officinale* Fortpflanzungsprodukte erzeugt, und eben deshalb sind auch diese spärlicher mit Elementen zur Leitung plastischer Stoffe ausgerüstet als die Stamina.

Hiemit möge die Betrachtung über die leitenden Systeme in der Blüte ihren Abschluss finden. Die Hauptsätze, die sich im Laufe derselben ergeben haben, sind etwa folgende :

1. *In den Leitbündeln des Andröceums und Gynäceums ist die Zahl der Gefässe im Verhältniss zum übrigen Mestom geringer als in den Bündeln von Kelch und Krone.*

2. *Das gesteigerte Leitungsbedürfniss für plastische Stoffe in den zwei inneren Blütenblattkreisen spricht sich oft nicht blos durch eine relative Stärke der betreffenden Mestomcomponenten in den Leitbündeln aus, sondern kann auch mächtigere Bündel überhaupt bedingen.*

3. *In den Gefässbündeln der inneren Blütenblattkreise wird sehr oft der Reichtum an Gewebe zur Leitung plastischer Stoffe hauptsächlich durch eine Vermehrung der Leptom-Elemente verursacht.*

4. *Staminodien, Griffel und andere Blütenorgane, welche keine Fortpflanzungskörper produzieren, schliessen sich bezüglich der Ausbildung ihrer Mestom-Partien den Organen der Blütenhülle an.*

---

2. Das Haut-, Absorptions- und Speichersystem.

So gross auch die Rolle ist, welche das Leitungssystem in der Ernährungsphysiologie der Blüte spielt, so werden doch noch andere Systeme eine unter Umständen wichtige Aufgabe zu erfüllen haben. Ernährungsphysiologische Bedeutung können erhalten die Systeme zur Regulierung der Transpirationsgrösse, zur Aufnahme von Wasser aus der Atmosphäre und zur Speicherung von Wasser. Ich habe anlässlich der Untersuchung einiger tropischer Pflanzen diesbezügliche Beobachtungen gemacht, welche im Folgenden noch mitgeteilt werden sollen.

a. Einrichtungen zur Regulierung der Transpiration.

Um der Blüte den für sie notwendigen Wassergehalt sicher zu stellen, kann sich die Natur der manigfaltigsten Mittel bedienen. Als ein solches wird seit Langem auch die

Cuticularisierung der äusseren Schichten der Epidermisaussenwand angesehen. Während alle Blütenteile unserer einheimischen Pflanzen, soweit ich sie untersuchte, sich durch eine solche Cuticula auszeichnen, welche bezüglich ihrer Dicke nur geringe Grade aufweist, so konnten bei Blüten der tropischen Flora oft ganz andere Verhältnisse konstatiert werden. Ich denke hiebei an diejenige Seite des Tropenklimas, die in der starken Insolation besteht.

Als ein schönes Beispiel für eine ausgiebige Cuticularisierung verdient die Blüte der Palme *Nenga Wendlandiana* Erwähnung. Bei der ♂ Blüte sind beide Epidermen der äusseren, sowie auch die äussere Epidermis der inneren Perigonblätter nicht blos durch eine Cuticula, sondern noch durch zahlreiche Cuticularschichten ausgezeichnet. (Fig. 14.) Einzig die innere Epidermis der inneren Blätter besitzt blos eine Cuticula von mässiger Dicke ohne Cuticularschichten. Bei der ♀ Blüte ist die äussere Epidermis der äusseren Perigon-Blätter und die nicht basale Partie der äusseren Epidermis der inneren Blätter mit Cuticula und Cuticularschichten versehen, während alle übrigen Epidermen nur mit einer einfachen Cuticula ausgerüstet sind. Es wird weiter unten gezeigt werden, dass alle diese Differenzen im Bau der Epidermis durch Deckungsverhältnisse bedingt werden. Ich habe die Cuticula sowohl wie auch die Cuticularschichten in jedem Falle mikrochemisch untersucht mit Hilfe von Schwefelsäure und Jodkaliumjodlösung. In conc. H_2SO_4 blieb die Cuticula stets ungelöst und in Jodkaliumjodlösung färbte sie sich gelb. Die Cuticular-Schichten nahmen bei Behandlung mit Jodkaliumjodlösung ebenfalls eine gelbe Färbung an, erwiesen sich aber gegen H_2SO_4, wenn auch ziemlich bedeutend, so doch nicht in dem Maasse widerstandsfähig wie die Cuticula.

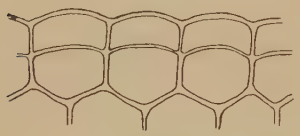


Fig. 14. Äussere Epidermis des inneren Perigon-Blattes der ♂ Blüte von *Nenga Wendlandiana*.

Soll nun den erwähnten Verhältnissen eine physiologische Deutung gegeben werden, so dürfte das nicht allzu

schwierig sein, zumal wenn man sich das Habitusbild der Blüten vor Augen hält. (Fig. 15 und 16.)

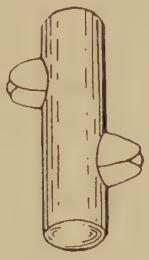


Fig. 15. Habitusbild der ♀ Blüte von *Nenga Wendlandiana*.

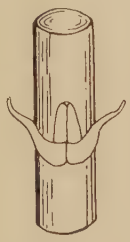


Fig. 16. Habitusbild der ♂ Blüte von *Nenga Wendlandiana*.

Dass bei den Blüten beiderlei Geschlechts die äusseren Epidermen der drei äusseren Perigonblätter eine Cuticula und Cuticular-Schichten besitzen, dürfte kaum auffällig sein, denn gerade diese Epidermen sind der Sonnenglut, also auch der Gefahr einer zu starken Transpiration am meisten exponiert. Die innere Epidermis der äusseren Blätter schmiegt sich bei der ♀ Blüte dicht an die inneren Perigonblätter an, ist also durch diesen Umstand wohl soweit vor einer zu grossen Verdunstung gesichert, dass sie der Cuticular-Schichten entbehren kann. In ganz anderer Lage befindet sich die innere Epidermis der äusseren Perigonblätter bei der ♂ Blüte. (Fig. 16.) Die äusseren Perigonblätter ragen hier frei in die Luft hinaus. Ihre innere Epidermis ist also der Verdunstung kaum weniger ausgesetzt als die äussere und im Einklang damit besitzt sie denn auch Cuticular-Schichten. Die innern Perigonblätter sind bei der ♀ Blüte von den äussern fast vollständig bedeckt. Nur deren Spitzen stehen mit der Luft direkt in Berührung. Dem entsprechend finden wir auch allein am vordern Teil der Blätter Cuticular-Schichten und auch da blos an der äusseren Epidermis, denn die innere ist dadurch wieder gegen eine zu intensive Transpiration geschützt, dass sie sich dicht an den Fruchtknoten anschliesst. Bei der ♂ Blüte ist, wie die Fig. 16 zeigt, die äussere Epidermis der inneren Blät-

ter der direkten Besonnung mehr preisgegeben als bei der ♀ Blüte, daher ist sie auch auf ihrer ganzen Fläche mit Cuticular-Schichten ausgestattet. Die innere Epidermis der inneren Blätter besitzt wieder eine einfache Cuticula. Es bilden die inneren Perigonblätter eine Art Gehäuse um das Andröceum herum, und es ist im Innern desselben die Gefahr einer übermässigen Transpiration selbstverständlich geringer als aussen.

Aus den vorstehenden Angaben ist ersichtlich, dass die anatomischen und physikalisch-chemischen Differenzen im Bau der Perigonepidermen von *Nenga Wendlandiana* sichtlich in der Physiologie der Blüte begründet sind.

An die Besprechung der *Nenga*-Blüten reihen sich nun passend einzelne Mitteilungen über die Blüten der Palme *Oreodoxa regia* an. Bei den Perigonblättern dieser Blüten finden wir keine Cuticular-Schichten, dagegen immer eine ziemlich dicke Cuticula Dieselbe ist stellenweise stark gewellt. Bei den Perigonblättern der ♀ Blüte schliesst sich an die Cuticula eine sehr dickwandige sklerenchymatische Epidermis an. In den der Spitze genäherten Partien der Blätter sind auf der Aussenseite noch zwei bis drei weitere auf die Epidermis folgende Zellschichten sklerenchymatisch. (Fig. 11 der Tafel.) Auch an die Epidermis der Innenseite der Blätter schliessen sich da noch mehr dickwandige Elemente an. (Fig. 12 der Tafel.) Es darf wohl angenommen werden, dass die Dickwandigkeit dieser epidermalen und subepidermalen Zellschichten auch eine gewisse Verzögerung der Verdunstungsvorgänge zur Folge hat.

Dem Bau der Perigonblätter der ♀ Blüte schliessen sich die äusseren Blätter der ♂ Blüte an. Die inneren Blätter der ♂ Blüte besitzen kein Sklerenchym, dafür sind sie von einer dicken Platte aus typisch mechanischen Zellen durchsetzt, in welcher die Gefässbündel eingebettet sind.

Weitere Erläuterungen über die dickwandigen Epidermis- und Grundgewebezellen der *Oreodoxa*-Blüte folgen später.

Zunächst beschäftigt uns hier die Blüte von *Loranthus spec.* aus Java noch etwas. Schon die Stomata an den Laub-

blättern dieser Pflanze verraten den xerophilen Charakter. Die Schliesszellen sind stark eingesenkt; vor denselben bilden die Membranen der Nebenzellen einen umfassenden Wall, so dass dadurch zwei Vorhöfe zu Stande kommen, einer vor und einer hinter diesem Walle.

Wenn sich nun auch im Laubblatte die xerophile Natur von *Loranthus* kundgiebt, so wird es doch überraschend erscheinen, wenn auch in der Blüte selbst Verhältnisse angetroffen werden, welche zeigen, dass hier eine der starken Besonnung ausgesetzte Pflanze vorliegt. Die Epidermen des Perigons sind zwar blos durch eine ganz dünne Cuticula ausgezeichnet. Dem Übermass der Verdunstung wirken aber die Dicke des Gewebes und noch andere später zu besprechende Einrichtungen entgegen. Die Cuticula der Staubblätter dagegen erreicht eine ansehnliche Dicke. Etwa die halbe Aussenwand der Epidermis ist cuticularisiert. Noch grössere Dimensionen nimmt die Einlagerung von Cutin beim Griffel an. Derselbe ragt am weitesten frei in die Luft hinaus und ist der Gefahr einer übermässigen Transpiration am meisten exponiert. Beim Griffel ist nicht nur weitaus der grösste Teil der Epidermisaussenwand cutinisiert, sondern auch die grösste Partie der Radial- und inneren Tangentialwände. (Fig. 1 der Tafel.)

Zu der auf die Epidermis beschränkten Cuticularisierung der Blütenorgane bei *Loranthus spec.* gesellt sich noch eine weitgehende Verkorkung innerer Gewebe, welche jedenfalls auch im Dienste der Verdunstungshemmung steht und hier Erwähnung finden muss. Verkorkungserscheinungen konnten in allen Teilen der Blüte nachgewiesen werden. Bei den von mir untersuchten Staubblättern waren fast sämmtliche Zellwände des gesammten Gewebes verkorkt. Beim Griffel und Perigon waren jedenfalls immer die Membranen des peripherischen Gewebes der Verkorkung anheimgefallen, während in den zentralen Partien besonders beim Griffel eine Lösung der Zellwände in conc. H_2SO_4 zu beobachten war. Diese weitgehenden Verkorkungserscheinungen in der *Loranthus*-Blüte bilden unzweifelhaft einen bedeutsamen Faktor zur Verzögerung der Verdunstungsvorgänge.

b. **Apparate zur Aufnahme und Speicherung von Wasser.**

Wasser kann ganz im Allgemeinen in eine Blüte gelangen entweder aus der Erde mittelst der Gefässe etc., oder aus der Atmosphäre durch anderweitige Vorrichtungen. Die Aufnahme von Wasser aus der Atmosphäre ist es, welche uns an dieser Stelle noch zu einigen Mitteilungen veranlasst. Es ist schon lange bekannt, dass es Pflanzen giebt, welche besondere Apparate besitzen, um Wasser aufzunehmen, welches sich in Form von Regen- oder Tautropfen in der Atmosphäre vorfindet. Haberlandt beschreibt in seiner « *Physiologischen Pflanzenanatomie* » (II. Auflage, pag. 204) mehrere wasserabsorbierende Haargebilde an Laubblättern. Ich habe nun auch in der Blüte von *Loranthus spec.* trichomatische Organe aufgefunden, welche allem Anscheine nach befähigt sind, Wasser in liquider Form aus der Atmosphäre aufzunehmen. (Ob dieselben nicht zeitweise auch als Hydathoden und zwar als aktive Hydathoden zu funktionieren vermögen, lasse ich dahin gestellt, halte es aber keineswegs für unmöglich). Derartige Organe fand ich regelmässig an den Stamina der Blüte, ganz besonders reichlich an jener Zone, wo die Staubfäden noch mit dem Perigon vereint sind, oder eben von demselben abgegangen sind. Diese Region ist es auch, wo ein Regen- resp. Tautropfen durch kapilläre Kräfte am leichtesten festgehalten werden kann.

Der Bau eines einzelnen Trichoms ist folgender. Das Haar besteht aus drei Zellen, aus einer verzweigten Endzelle und zwei unverzweigten Basalzellen (vgl. Tafel Fig. 4 u. 5). Die Endzelle ist von beträchtlicher Dickwandigkeit. Die an dieselbe sich anschliessende Basalzelle weist eine dünne Membran auf, und nach Allem, was wir über trichomatische, wasserabsorbierende Organe wissen, muss sichtlich dieser Zelle die Fähigkeit zugesprochen werden, Wasser aufzusaugen. Zwischen diese Saugzelle und die Epidermis ist noch eine zweite Basalzelle eingeschoben. Dieselbe ist ziemlich dickwandig und steht durch Poren mit der Saugzelle im Verkehr. Ebenso steht auch die Endzelle durch grosse Poren in Communi-

cation mit der anliegenden dünnwandigen Zelle. Wenn also die Saugzelle Wasser aufnimmt, so kann dasselbe durch die Poren sowohl in die Endzelle gelangen, als auch in die andere Basalzelle und von letzterer aus in die Epidermis- und Grundgewebezellen des Staubfadens. Das in die verzweigte Endzelle gelangende Wasser kann hier aufgespeichert werden, so dass die Gesammtheit aller Endzellen über der Epidermis einen förmlichen wasserspeichernden Mantel bildet. Während der heissen Tageszeit, resp. Trockenperiode giebt die Saugzelle ihr Wasser jedenfalls ziemlich rasch wieder ab. Sobald sie aber dasselbe verloren hat, vermag sie wohl zusammenzuklappen und erschwert es dadurch, dass das Wasser aus der Endzelle ev. solches aus dem Gewebe des Staubfadens durch die mit ihr communizierenden Poren in sie zurückgelange und so einer raschen Verdunstung preisgegeben sei. Dass das Wasser der Endzelle nicht allzu rasch wieder entweicht, dafür bietet die grosse Dicke ihrer Wandung einen gewissen Schutz. Freilich darf nicht übersehen werden, dass die Endzelle auf ihrer der Epidermis zugekehrten, an die Luft grenzenden Wandpartie auch einzelne winzig kleine Poren besitzt, welche schliesslich doch einen langsamen Wasserverlust verursachen. Anderseits aber werden diese kleinen Poren, wenn es gilt, rasch wieder Wasser aufzunehmen, auch das Ihrige dazu beitragen.

Zur Beleuchtung der Thatsache, dass die dünnwandige Saugzelle die Fähigkeit besitzt, leicht zusammenzuklappen, sei bemerkt, dass sie sich eben wegen dieser Eigenschaft der Beobachtung allermeist entzieht. Weil sie leicht zusammenfällt und dann stets ein undeutliches Bild verursacht, gelang es auch erst nach längeren Versuchen, den wirklichen Thatbestand festzustellen.

Wenn nun, was aus dem Gesagten hervorgeht, die Trichome des Staubfadens teilweise wasserabsorbierende und zum Teil wasserspeichernde Organe repräsentieren, so finden sich im Innern der andern Blütenteile Elemente, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit im Dienste der Wasserspeicherung stehen. Es sind das Sklerenchymzellen, welche stark porös und verholzt sind.

Die Gründe, auf die gestützt wir diese Steinzellen als Wasserspeicher betrachten, sind die folgenden. Vorerst spricht dafür der Umstand, dass dieselben gerade im Staubfaden fehlen, wo durch die eben besprochenen Trichome für Speicherung wohl hinlänglich gesorgt werden kann. Dann findet sich das Sklerenchym am reichlichsten in jenen Blütenorganen resp. Organteilen, wo die Gefahr einer zu raschen Ausdunstung am grössten ist, also im dünnen Caliculus und in der oberen Gewebeschicht der Perigonzähne, während es spärlicher auftritt in der Perigonröhre und im Griffel. Letzterer besitzt, wie schon angeführt, eine sehr dicke Cuticula.

Die Blättchen des Caliculus sind von einer förmlichen Platte von Steinzellen durchsetzt. Im freien Perigonzahn findet man diese Elemente regelmässig im zentralen und mehr nach der Innenseite zu gelegenen Gewebe und zwar reichlicher gegen die Spitze hin als in jener Partie, wo er sich eben vom Staubfaden getrennt hat. In der Perigonröhre trifft man regelmässig eine oder mehrere solcher Sklerenchymzellen zwischen den zwei Einzelbündeln eines doppelten Leitstranges an. Auch seitlich vom Doppelbündel und ausserhalb desselben wurden solche bemerkt, jedoch nie in grosser Anzahl.

Wenn wir diese Steinzellen als wasserspeichernde Organe betrachten, soll damit nicht gesagt sein, dass das ihre einzige oder ihre Hauptfunktion sei, sie können auch mechanischen Zwecken dienen.

Interessant ist nun, konstatieren zu können, dass analoge Elemente, wie wir sie hier bei *Loranthus spec.* im Innern des Gewebes als Wasserreservoire kennen gelernt haben, in den Blüten der Palmen *Nenga Wendlandiana* und *Oreodoxa regia* an der Oberfläche der Perigonblätter erscheinen und meinen Untersuchungen zufolge wohl im Dienste der Absorption von Wasser stehen. Bei der ♀ *Nenga*-Blüte treffen wir sie eingestreut zwischen den gewöhnlichen dünnwandigen Epidermiszellen auf der Aussenseite der inneren Perigonblätter und zwar in derjenigen Region der Blattfläche, wo sie von den äusseren Perigonblättern Deckung erhält. Auch auf der Innenseite der inneren Blätter kommen die fraglichen Elemente vor, jedoch

nicht so reichlich wie auf der Aussenseite. Alle diese Zellen sind sehr dickwandig, verholzt und an allen ihren Wänden, also auch an der Aussenwand, mit Poren versehen. (Fig. 8 u. 9 der Tafel.) Schon die Ausstattung dieser Elemente mit Poren an der Aussenwand weist darauf hin, dass sie wohl als wasserabsorbierende Organe zu funktionieren vermögen. Weitere Aufschlüsse hierüber giebt uns die experimentelle Untersuchung.

Ich befestigte eine Blüte an einem Stativ und brachte mit einem Pinsel mehrere Tröpfchen Wasser auf die Aussenseite eines inneren Perigonblattes und zwar so, dass die Tröpfchen genau in den Winkel zu liegen kamen, den die zwei nächsten äusseren Blätter, die das innere zum Teil bedecken, mit einander bilden. Das Wasser wurde sofort kapillar eingesaugt und gelangte so zwischen das innere und die dasselbe deckenden Teile der zwei äusseren Perigonblätter. Denselben Versuch stellte ich nachher statt mit Wasser mit Jodkaliumjodlösung an. Die Tropfen wurden in gleicher Weise aufgenommen. Damit war aber erst festgestellt, dass Wasser wirklich auf die von den äusseren Blättern bedeckten Partien des inneren Blattes gelangen kann. An diesen Stellen hat nun, wie wir sehen, das innere Blatt poröse Epidermiszellen, und es war eine zweite Frage, ob das zwischen die äusseren und inneren Blätter gelangende Wasser durch diese Poren ins Innere des Blattes dringen könne. Meine diesbezüglich angestellten Versuche fielen in bejahenden Sinne aus. Es wurden aus dem Versuchsblatte, auf dessen freie Aussenseite Jodkaliumjodlösung gebracht worden war, Querschnitte angefertigt, nachdem es noch mit Wasser abgespült und mit Filtrierpapier getrocknet worden war. Die Beobachtung der Querschnitte unter dem Mikroskop zeigte nun deutlich, dass die KJ-J-Lösung wirklich eingedrungen war und doch wohl durch die Poren. Nicht blos die porösen Epidermiszellen, sondern auch die durch Grundgewebe von diesen getrennten mechanischen Elemente des Perigonblattes waren deutlich gelb gefärbt. Frisches, lebendes Material stand mir indessen leider zu diesen Versuchen nicht zu Gebote, sondern nur Alkohol-Material.

Ein zweiter analoger Versuch führte zu demselben Ergebnisse. Es darf nun doch wohl angenommen werden, dass diese dickwandigen Epidermiszellen der ♀ *Nenga*-Blüte Wasser von aussen aufzunehmen vermögen.

Vermutlich im Dienste derselben Funktion stehen die epidermalen Sklerenchymzellen auch bei den Perigon-Blättern der Blüten von *Oreodoxa regia*, die bereits oben erwähnt wurden. (s. Fig. 11 u. 12 der Tafel).

Ich habe diese Epidermiselemente durch ähnliche Experimente auf ihre Fähigkeit Wasser zu absorbieren geprüft wie jene der ♀ *Nenga*-Blüte. Die auf die Oberfläche der Blätter gebrachte Jodkaliumjodlösung drang auch hier ins innere Gewebe ein, was sich durch die Gelbfärbung der Sklerenchym-Zellen im Innern des Blattes kundgab.

Die Sklereiden, welche im Innern der Perigonblätter von *Oreodoxa regia* vorkommen, dürfen wohl wiederum als Wasserspeicher bezeichnet werden.

Unser spezielles Interesse ziehen noch die dünnwandigen Grundgewebezellen auf sich, die ich in den grossen Perigonblättern der ♀ Blüte beobachtet habe. Diese Zellen weisen in Schnitten, welche in Wasser liegen, häufig gefaltete Membranen auf. (Fig. 12 der Tafel). In dem mir zur Verfügung stehenden Material sind sie wohl durch das Conservieren in Alkohol kollabiert gewesen. Setzt man aber KOH zu den Schnitten, so verschwinden diese Falten zwar nicht alle, aber doch viele derselben, und die Schnitte dehnen sich nach Art einer Ziehharmonika aus. In dieser Erscheinung liegt ein Hinweis darauf, dass dasselbe Spiel auch in der Natur vor sich gehe. Bei herrschender Trockenheit werden diese Zellen kollabieren, und wenn die Perigonblätter wieder Wasser aufnehmen können, dehnen sie sich wieder aus.

Somit wäre die Besprechung der Wasser absorbierenden und speichernden Apparate erledigt und damit soll auch die ganze Abhandlung ihren Abschluss finden.

Von einer nochmaligen Zusammenstellung der Resultate nehme ich Umgang, da dieselben jeweilen am Schlusse der betreffenden Kapitel angeführt sind.

Die vorliegende Arbeit wurde ausgeführt im botanischen Institut der Universität Freiburg in der Schweiz unter der Leitung des Herrn Professor Dr M. Westermaier.

Diesem meinem hochverehrten Lehrer sei an dieser Stelle mein herzlichster Dank ausgesprochen, sowohl für die allzeit bereitwillige Unterstützung, als auch für die Überlassung des von ihm gesammelten Materials aus Java, das zum Teil in der Arbeit verwandt wurde.

Erklärung der auf der Tafel beigegebenen Figuren.

Fig. 1. Die Epidermis des Griffels von *Loranthus spec.* im Querschnitt. Die cuticularisierten Membranpartien sind fein schraffiert. (Objectiv F.)

Fig. 2. Querschnitt durch ein grösseres Leitbündel an der Basis eines Perigonblattes von *Lilium Martagon.* (D)

Fig. 3. Querschnitt durch das grösste Gefässbündel im Perigonzahn von *Loranthus spec.* (F)

Fig. 4. Ein Saughaar vom Staubfaden von *Loranthus spec.* im Längsschnitt.

Fig. 5. Die Endzelle eines Saughaars von *Loranthus spec.* von unten gesehen.

Fig. 6. Querschnitt durch das Leitbündel an der Basis des Staubfadens von *Lilium Martagon.* (D)

Fig. 7. Querschnitt durch das Gefässbündel an der Basis des Staubfadens von *Loranthus spec.* (F)

Fig. 8 und 9. Epidermiszellen an der Aussenseite des inneren Perigonblattes von *Nenga Wendlandiana* im Querschnitt (8) und von der Fläche (9). (F)

Fig. 10. Querschnitt durch ein Leitbündel an der Basis des Gynäceums von *Lilium Martagon.* (D)

Fig. 11. Querschnitt durch die Epidermis und anliegenden Sklerenchym-Zellen auf der Aussenseite eines Perigonblattes der ♀ Blüte von *Oreodoxa regia.* (F)

Fig. 12. Querschnitt durch die Epidermis und die anliegenden Zellen auf der Innenseite eines Perigonblattes der ♀ Blüte von *Oreodoxa regia.* (F)

Vergrösserung. Ich bediente mich zur Herstellung aller Zeichnungen des Mikroskops von C. Zeiss (Jena) mit dem Okular 3 und dem in jedem Falle besonders angegebenen Objektiv.

Bezeichnungen. m = typisch mechanische Zellen, g = Gefässe, h = Holzparenchym, l = Leptom, s = Sklerenchym-Zellen, p = Poren.

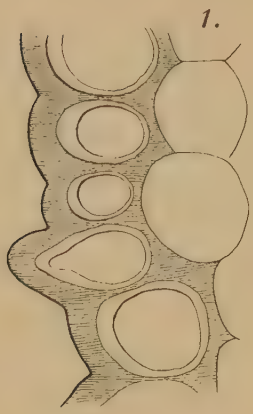
VITA.

Am 29. Oktober des Jahres 1875 wurde ich, Joseph Jakob Herzog in der Thurgauischen Ortschaft Reckenwil geboren.

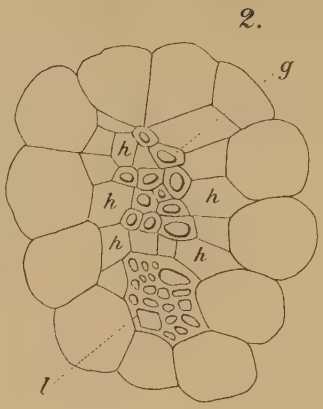
Nachdem ich im benachbarten Homburg die Primar-, Repetier- und Fortbildungsschule besucht hatte, begab ich mich ans Gymnasium nach Schwyz. Dort erwarb ich mir im Jahre 1898 das Maturitätszeugniss. Noch im Herbst desselben Jahres bezog ich die Universität Freiburg, an der ich nun nach längerem Studium die voranstehende Arbeit angefertigt und im 7. Semester das Doktorexamen bestanden habe.

Meine academischen Lehrer waren die H. H. Professoren: Dr Baumhauer, Dr Bistrzycki, Dr Büchi, Dr Daniëls, Dr de Girard, Dr Kathariner, Dr de Kowalski, Dr Thomas-Mamert, Dr Westermaier.

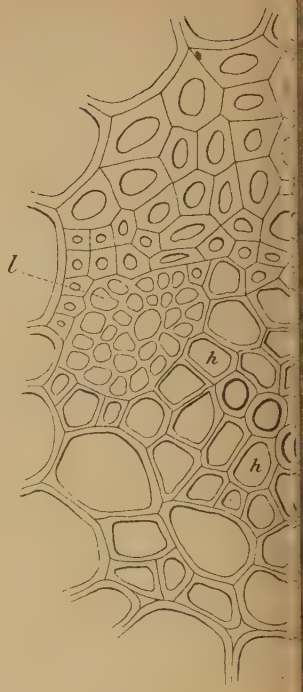
Es sei diesen meinen hochverehrten Lehrern hier mein aufrichtigster Dank ausgesprochen.

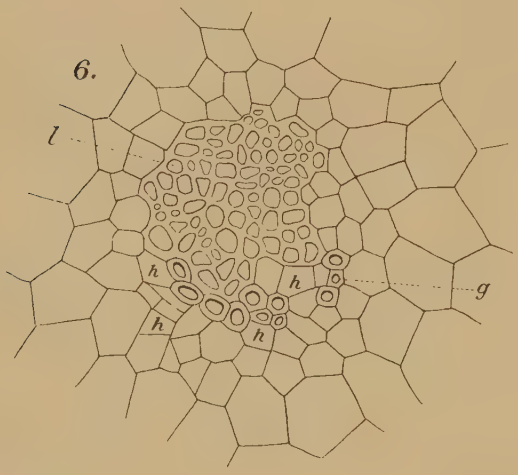


1.

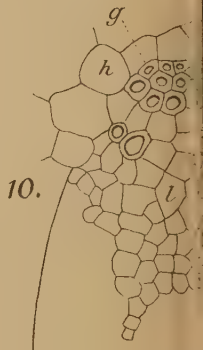


2.

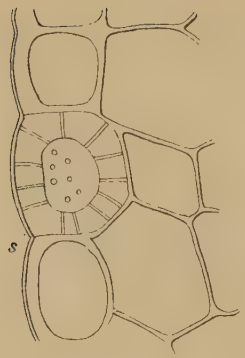




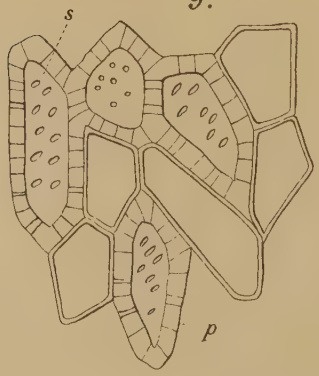
6.



10.

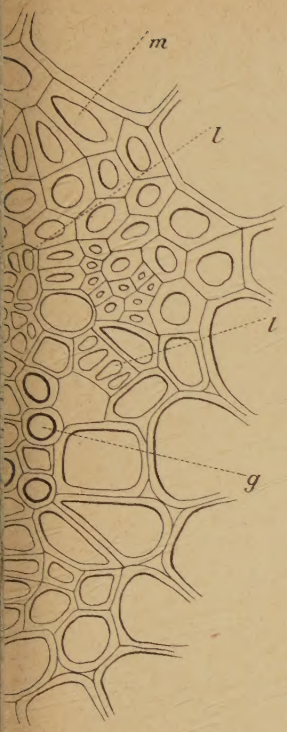


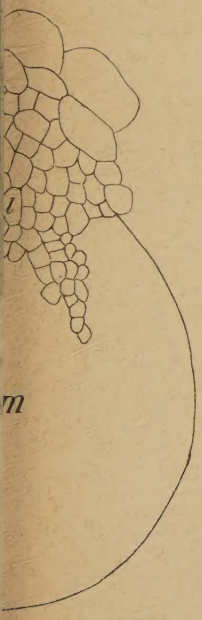
8.

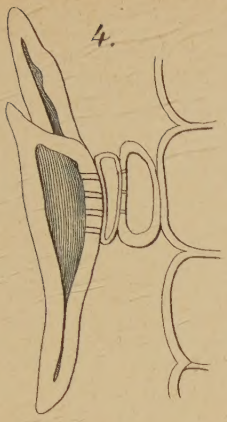


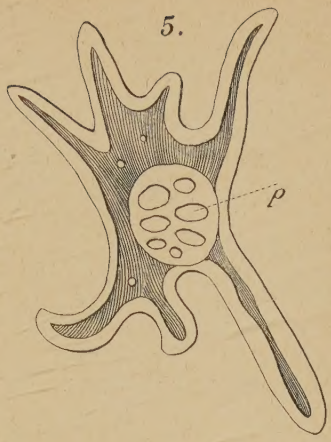
9.

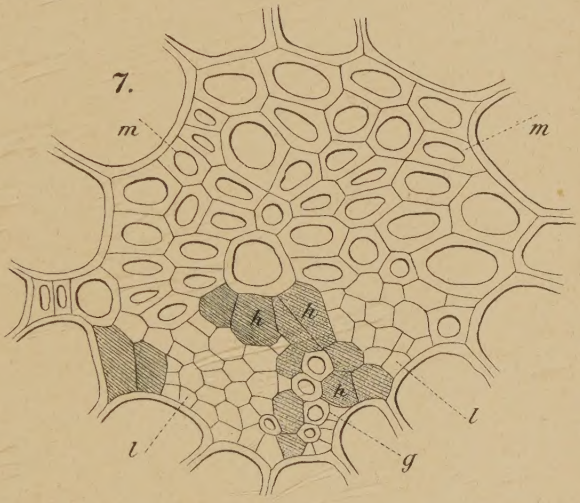
Aut. del.

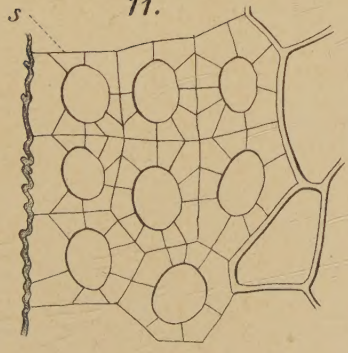


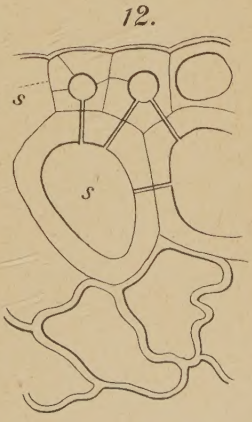












Lith. H. Wilczek, Fribourg.